Der Einfluß verschiedener Ernährungs-, Temperatur- und Beleuchtungsbedingungen auf Blattform, Blattbau und auf Bildung herzwirksamer Glykoside bei verschiedenen Sippen von Digitalis purpurea

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Grades eines Doktors

der Naturwissenschaften

der

Mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Eberhard-Karls-Universität

zu Tübingen

vorgelegt von

Jörg Fisel

aus Ulm/Donau

7258

1962

Der Einfluß verschiedener Ernährungs-, Temperatur- und Beleuchtungsbedingungen auf Blattform, Blattbau und auf die Bildung herzwirksamer Glykoside bei verschiedenen Sippen von Digitalis purpurea

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors
der Naturwissenschaften
der
Mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät
der
Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Jörg Fisel
aus Ulm/Donau

1962

-/62

Tag der mündlichen Prüfung: 12. Juli 1962

Dekan: Professor Dr. K.G. Grell

1. Berichterstatter: Dozent Dr. Dr. K. Hummel

2. Berichterstatter: Professor Dr. K. Mägdefrau

Meinen Eltern

in Dankbarkeit

gewidmet

Mein hochverehrter Lehrer, Herr Dozent Dr. Dr. Karl Hummel, ist mir jederzeit helfend zur Seite gestanden. Dafür sage ich ihm meinen herzlichsten Dank.

Ebenso danke ich Erdmuthe Gräfin Roedern für ihre vielfältige, mühevolle Hilfe bei der Aufzucht und beim Anbau der Digitalispflanzen.

Den um die neuere Erforschung der Digitalisglykoside verdienten Wissenschaftlern der Firma C.F. Boehringer u. Söhne, Mannheim, Herrn Prof. Dr. Achelis, Herrn Dr. Haack und Herrn Dr. Kaiser danke ich besonders für die vielseitige, wertvolle Förderung meiner Arbeit.

Inhaltsverzeichnis

A. Einleitung 1

I. Fragestellung 1

II. Material und Methoden 5

1. Untersuchte Pflanzen 5

2. Die Bodenbeschaffenheit 6

3. Die Witterungsverhältnisse in den Versuchsjahren 1960 und 1961 7

4. Die Versuchsanordnung 8

a) Der Feldversuch 1960 8

b) Der Feldversuch 1961 11

c) Der Kultur-Versuch in Mitscherlichtöpfen 14

d) Die Versuche mit Kurztag 17

e) Die Versuche mit Abkühlung 19

5. Die untersuchten Blattmerkmale und die Methoden ihrer Bestimmung 20

a) Die morphologischen Merkmale 20

b) Die anatomischen Merkmale 21

c) Die Struktur des Mesophylls 25

6. Die chemischen Untersuchungen 26

a) Die Ernte und Trocknung des Untersuchungsmaterials 26

b) Die Methode der Cardenolidglykosidbestimmung 27

c) Das Extraktionsverfahren 27

B. Die anatomischen Merkmale der unter verschiedenen Ernährungs-, Temperatur- und Beleuchtungsbedingungen kultivierten Digitalispflanzen 28

I. Die Anzahl der Stomata, Palisadenparenchymzellen und Trichome pro Quadratmillimeter sowie deren Indices 30

1. Die Kultur in Mitscherlichtöpfen 1960 30

2. Der Feldversuch 1960 45

3. Der Feldversuch 1961 (Sippe 04) 58

4. Der Feldversuch 1961 (Sippe 43) 73

5. Die Versuche mit Kurztag und Abkühlung 1961 91

II. Die anatomische Struktur des Mesophylls 106

1. Die Kultur in Mitscherlichtöpfen 1960 106

2. Der Feldversuch 1960 114

3. Der Feldversuch 1961 117

4. Die Versuche mit Kurztag und Abkühlung 1960 119

5. Die Versuche mit Kurztag und Abkühlung 1961 124

6. Die Rosettenreihenuntersuchung von Pflanzen aus dem Kurztag- und Abkühlversuch 1960 (Sippe 03) 128

C. Die Form der Rosettenblätter von Digitalispflanzen, welche unter verschiedenen Ernährungs-, Temperatur- und Beleuchtungsbedingungen aufgewachsen sind 132

1. Die Kultur in Mitscherlichtöpfen 1960 132

2. Die Feldversuche 1960 und 1961 138

3. Die Versuche mit Kurztag und Abkühlung 1960 und 1961 143

D. Der Einfluß mineralischer Düngung sowie verschiedener Beleuchtungs- und Temperaturbedingungen auf die Größe der Blattmasse und den Glykosidgehalt der Droge von Digitalis purpurea 149

I. Frischgewicht und Trockengewicht der Blätter verschieden gedüngter Digitalispflanzen 149

1. Die Kultur in Mitscherlichtöpfen 1960 149

2. Der Feldversuch 1960 150

3. Der Feldversuch 1961 155

II. Der Gehalt der Droge an Cardenolidglykosiden 159

1. Die Kultur in Mitscherlichtöpfen 1960 159

2. Der Feldversuch 1960 162

3. Der Feldversuch 1961 167

4. Die Versuche mit Kurztag und Abkühlung 1960 172

5. Die Versuche mit Kurztag und Abkühlung 1961 173

III. Der mittlere Cardenolidglykosidgehalt einer Pflanze 179

1. Die Kultur in Mitscherlichtöpfen 1960 179

2. Der Feldversuch 1960 181

3. Der Feldversuch 1961 183

4. Die Versuche mit Kurztag und Abkühlung 1961 185

Zusammenfassung 192

Literaturverzeichnis 195

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549607_0093

A. Einleitung

I. Fragestellung

Der Bedarf an Digitalis purpurea kann infolge des Mangels an Arbeitskräften schon lange nicht mehr durch das Sammeln von Blättern wild wachsender Pflanzen gedeckt werden. Dadurch hat in den letzten Jahren der Digitalisanbau in Deutschland, wie auch in Belgien und Holland an Bedeutung gewonnen. Der Anbau muß so rationell gestaltet werden, daß er nach einer Vegetationsperiode eine möglichst große Menge an hochwertiger Droge liefert.

Unter diesem Gesichtspunkt gewinnt die Frage nach dem Einfluß von Umweltfaktoren auf das Wachstum und die Bildung der herzwirksamen Glykoside von Digitalis purpurea, die von großem theoretischem Interesse ist, auch praktisches Gewicht.

Frühere Untersuchungen hatten zunächst zu klären, ob und unter welchen Bedingungen der Anbau von Digitalis purpurea eine wertvolle Droge liefern kann.

In den Jahren 1926 - 1928 führte Boshart Anbau- und Düngungsversuche mit Digitalis purpurea und Digitalis lanata durch. Diese zeigten, daß sowohl Stalldünger als auch Mineraldünger in Jahren, welche für das Wachstum von Digitalis purpurea günstig waren, eine Steigerung der Ernteerträge brachten. Boshart fand, daß Digitalis lanata und purpurea "in feuchten Jahren eine große Aufnahmefähigkeit für Mineralsalze zeigen, welche für eine Waldpflanze, wie den Roten Fingerhut, sogar ganz erstaunlich hoch ist".

Die pharmakologische Untersuchung der Drogen verschiedener Düngung, welche mit Hilfe des Froschtests durchgeführt wurde, ergab, daß die Wirksamkeit der Blätter stark innerhalb der einzelnen Jahre schwankte, ließ aber doch erkennen, daß die Düngung mit Mineralsalzen wie auch mit Stallmist eine Steigerung der Wirksamkeit der Blätter zur Folge hat. Es ließ sich keine deutliche Beziehung zwischen Ertragssteigerung und Erhöhung der pharmakologischen Wirksamkeit feststellen.

Im Jahr 1931 wiesen Mascré und Lefrançois darauf hin, daß mit Hilfe von Mineraldüngung bei Digitalis purpurea eine beträchtliche Steigerung der Ernteerträge erzielt und zugleich eine pharmakologisch hochwertige Droge gewonnen werden kann. Durch diese Arbeiten war die frühere Vorstellung, daß nur die wildwachsende Pflanze eine wirksame Droge liefert, als irrig erwiesen. Sie hatte noch in den Vorschriften des DABIV (1900) und des DABV (1910), daß Folia Digitalis von wildwachsenden, blühenden Pflanzen stammen sollen, ihren Ausdruck gefunden.

Auch Duquénois (1952) untersuchte die Frage, ob durch Anbau eine wertvolle Droge gewonnen werden kann. Er kultivierte Digitalis purpurea in Straßburg 4 Jahre hindurch, bestimmte die Wirksamkeit der Droge durch den Meerschweinchentest und fand, daß der Anbau eine hochwirksame Droge liefert, welche der von Wildpflanzen stammenden Droge durchaus gleichwertig ist. Der pH-Wert des kalkhaltigen Bodens, auf dem der Anbau durchgeführt wurde, war dabei wesentlich höher als der pH-Wert des Bodens am natürlichen Standort. - Außerdem fand Duquénois, daß geeignete Düngung den Ernteertrag steigert.

Die Wirksamkeit verschiedener Mineraldüngung wurde 1954 durch Hofmann mit verfeinerten Methoden genauer untersucht. Die Kultur erfolgte in Gefäßen und auf dem Feld und sollte nicht nur den Einfluß von Mineraldüngung, sondern auch den der Vergesellschaftung mit anderen Pflanzen auf Ertrag und Wirkstoffgehalt von Digitalis purpurea zeigen. Die Reinkultur lieferte die Droge mit dem höchsten Glykosidgehalt und brachte auch eine gute Ausbeute, was natürlich für den Anbau in Monokultur spricht. -

Der Feldversuch mit verschieden starken Gaben von Stickstoff, Phosphat und Kalium, für sich und in Kombination miteinander, ergab, daß unter den gegebenen Verhältnissen Phosphat und Kalium auf die Steigerung der Trockengewichte und des Wirkstoffgehalts keinen großen Einfluß hatten. Dagegen bewirkte Stickstoff als Ammoniumnitrat, sowohl für sich allein, als auch in der Kombination mit Phosphat und Kalium, eine beträchtliche Steigerung der Trockengewichtsausbeute und des Gehalts. Hofmann stellte also einen parallelen An-

stieg des Wirkstoffgehalts und des Trockengewichts bei Stickstoffdüngung fest.

Die Verfasserin führte die Glykosidbestimmungen ihrer Drogen mit Hilfe der photometrischen Methode von Soos, einer quantitativ gestalteten Keller-Kiliani'schen Reaktion, durch. Nun sagen aber die mit Hilfe dieser Methode erhaltenen Werte nicht unbedingt etwas aus über den Gehalt an pharmakologisch wirksamen Glykosiden, weil ein hoher Gehalt an Digitoxose, welche durch die Keller-Kiliani'sche Reaktion erfaßt wird, nicht immer auf einen ebenso hohen Gehalt an herzwirksamen Glykosiden schließen läßt. Es gibt Glykoside in Digitalis purpurea, welche sehr reich an Digitoxose sind, aber nur geringe Herzwirksamkeit zeigen.

Rowson führte 1951 - 1954 Versuche mit verschiedenen Mineraldüngern (z.B. Ammoniumsulfat, Natriumnitrat, Calciumhydroxyd) durch. Es kam Rowson dabei besonders darauf an, den Einfluß des Boden-pH-Werts auf Wachstum und Glykosidgehalt von Digitalis purpurea zu ermitteln.

Er fand keine wesentliche Erhöhung der Blattausbeute durch Düngung, nur bei Gaben von Calciumhydroxyd eine Erhöhung des Glykosidgehalts.

Der Gesamtglykosidgehalt wurde in entfärbten, äthanolischen Extrakten mit Hilfe von 3,5-Dinitrobenzoesäure photometrisch bestimmt.

Clement (1957) untersuchte die Nachkommenschaften bestimmter Einzelpflanzen von Digitalis purpurea. Die F1-Pflanzen von 19 verschiedenen Herkünften aus Spanien, England und Deutschland, unterschieden sich morphologisch, anatomisch und in ihren chemischen Merkmalen so stark, daß eine Gliederung in Sippen möglich war.

Clement erkannte als stets brauchbare Unterscheidungsmerkmale einer Sippe außer der Blattform, der Art des Blattrandes, der Dichte und Art der Behaarung auch die Zusammensetzung des Cardenolidglykosidgehalts. Er führte auf papierchromatographischem Wege erstmals eine getrennte, quantitative Bestimmung der 3 Hauptglykoside Digitoxin, Gitaloxin und Gitoxin durch.

Rowson untersuchte 1951 - 1957 morphologisch 150 Digitalis-purpurea-Pflanzen verschiedener Herkünfte in 3 Generationen. Er gab ausführliche Beschreibungen jeder Linie und fand, daß die morphologischen Unterschiede der 10 untersuchten Pflanzen einer Linie geringer sind als die Unterschiede zwischen den verschiedenen reinen Linien.

Diese Unterschiede waren deutlicher im Entwicklungsstadium der Pflanzen und waren weniger deutlich im September des 1. Jahres und im Juli des zweiten Jahres.

Sowohl Clement als auch Rowson konnten keine direkte Beziehung zwischen morphologischen Merkmalen und dem Gesamtglykosidgehalt der untersuchten Sippen feststellen.

Die bisherigen Untersuchungen hatten gezeigt, daß sich innerhalb der Art Digitalis purpurea Sippen unterscheiden lassen, die durch konstante morphologische, anatomische und chemische Merkmale gekennzeichnet sind.

Auf dieser Grundlage konnte nun an einzelnen Sippen der Einfluß verschiedener Umweltbedingungen auf die morphologischen, anatomischen und chemischen Merkmale untersucht werden.

Zur Untersuchung des Einflusses verschiedener Bodenbedingungen führte ich Düngeversuche mit Mineraldünger in zwei aufeinanderfolgenden Jahren als Feldversuch und in einem Jahr in Mitscherlichtöpfen durch. Die Wirkung verschiedener Beleuchtungsbedingungen wurde an Pflanzen untersucht, welche im 6-Stunden-, 9-Stunden- und 12-Stundentag sowie im Normallangtag kultiviert wurden. Ein Teil der 12-Stundentagpflanzen wurde bis zur Untersuchung bei einer Nachttemperatur von + 5° C gehalten.

Bei allen Versuchen war zu prüfen, wie groß die individuellen Unterschiede zwischen den Pflanzen einer Versuchsreihe sind, und ob sie eine sichere Bestimmung des Einflusses verschiedener Faktoren zulassen.

II. Material und Methoden

1. Untersuchte Pflanzen

Zu den Anbauversuchen verwandte ich reine Linien von Digitalis-purpurea-Pflanzen verschiedener Herkunft. Die Filialgenerationen wurden jeweils aus den Elternpflanzen durch Selbstung gewonnen. Die im Jahr 1960 verwendeten Sippen waren:

Sippe 09: Pflanzen der 3. Filialgeneration einer Pflanze mit breiteiförmigen Rosettenblättern aus dem Arzneipflanzengarten Lindich bei Hechingen/Hohenzollern.

Sippe 03: Pflanzen der 4. Filialgeneration einer vom Standort Alto de Rodicio in Nordwestspanien stammenden Pflanze. Die Form der Rosettenblätter ist schmaleiförmig.

Die Pflanzen des Jahres 1961 stammten aus folgenden Herkünften:

Sippe 43: Pflanzen der 2. Filialgeneration einer Elternpflanze mit breiteiförmigen Rosettenblättern aus Samen, die bei Schirmeck (Vogesen) auf einer Sammelreise unter Leitung von Professor Dr. Georg Wagner gesammelt worden waren.

Sippe 04: Pflanzen der 4. Filialgeneration einer aus Puerto de Piedrasluengas in Nordwestspanien stammenden Pflanze. Form der Rosettenblätter: schmaleiförmig.

Sippe 22: Pflanzen der 4. Filialgeneration einer Elternpflanze aus Puerto dela Mocuera in Spanien. Form der Rosettenblätter: schmaleiförmig.

Die Elternpflanzen der 1. Filialgeneration der Sippen 03, 04 und 22 sammelte Dr. Clement in Spanien. Für die Feldversuche wurden außerdem Pflanzen aus Saatgut verwendet, das von frei abgeblühten Pflanzen spanischer Herkunft stammte.

Die Pflanzen für den Feldversuch 1960 sowie für den Kurztag- und Abkühlversuch wurden am 22.2.1960 in Aussaaterde ausgesät, am 22.3., nach Bildung der Primärblätter zum ersten Mal pikiert und am 12.4. zum zweiten Mal in Tontöpfe (Ø 7 cm), welche ein Gemisch aus Kompost und Torfmull enthielten, pi-

kiert. Bis zum 12.4.1960 blieben die Pflänzchen im Gewächshaus, am 12.4. wurden sie in Frühbeetkästen gestellt.

Die Pflanzen der Sippe 03 für den Mitscherlichtopfversuch wurden am 9.3.1960 ausgesät, am 7.4.1960 in Aussaatkästen pikiert und weiterhin im Gewächshaus gehalten.

Im Jahr 1961 wurden die Pflanzen, für den Kurztag- und für den Abkühlversuch, sowie für den Feldversuch am 15.2. ausgesät und vom 13.3. - 16.3. zum ersten Mal in Aussaatkistchen pikiert. Am 17.4.1961 wurden die Pflänzchen zum zweiten Mal in Tontöpfe mit einem Durchmesser von 7 cm mit einem Kompost-Torfmull-Gemisch pikiert und aus dem Gewächshaus ins Frühbeet gebracht. Aus dem Frühbeet wurden die Pflanzen dann, wie im Jahr 1960, direkt auf das Feld gepflanzt.

2. Die Bodenbeschaffenheit

Der Anbau der Pflanzen erfolgte im Arzneipflanzengarten des Instituts für Heilpflanzenforschung, Schloß Lindich bei Hechingen/Hohenzollern. Für die Feldversuche in den Jahren 1960 und 1961 wurde je ein Stück Land bestimmt, welches in den Jahren vorher keinerlei Düngung erhalten hatte. Bei dem Boden handelt es sich um humushaltigen, sandigen Lehm mit meist saurer bis schwach saurer Reaktion.

Calciumkarbonat ist meist nur in Spuren vorhanden.

Die organische Substanz = Gesamthumus = Nährhumus + Dauerhumus bewegt sich zwischen 4,50 und 5,14 %.

Das Verhältnis C/N hat einen normalen, um 10 schwankenden Wert.

Die Versorgung des Bodens mit Phosphat ist durchweg mäßig bis schlecht, die Kaliversorgung des Bodens ist mäßig.

Genaue Werte der Bodenanalyse siehe unter 4.

3. Die Witterungsverhältnisse in den Versuchsjahren 1960 und 1961

In den Jahren 1960 und 1961 wurden im Arzneipflanzengarten Lindich täglich die Maximum- und die Minimumtemperatur sowie die Niederschläge gemessen. Die Mittelwerte aus der täglichen Maximum- und Minimumtemperatur sind in Tabelle 1 für die Monate der Vegetationsperioden 1960 und 1961 zusammengefaßt. Für die gleiche Zeit sind die Niederschlagsmengen angegeben.

Zeitraum der Beobachtung	mittlere Temperatur °C	Niederschlagsmenge mm	Niederschlagstage
11.5.1960 - 31.5.1960	13,3	157,0	15
1.6.1960 - 30.6.1960	15,6	139,3	12
1.7.1960 - 31.7.1960	14,4	63,9	14
1.8.1960 - 31.8.1960	17,6	193,0	15
1.9.1960 - 30.9.1960	12,4	16,0	6
17.5.1961 - 31.5.1961	8,4	46,1	9
1.6.1961 - 30.6.1961	14,9	85,8	15
1.7.1961 - 31.7.1961	15,0	96,2	12
1.8.1961 - 31.8.1961	15,9	68,2	12
1.9.1961 - 27.9.1961	17,0	19,2	6

Tabelle 1: Mittlere Temperatur und Niederschläge während der Vegetationsperioden der Jahre 1960 und 1961

Für das Wachstum der Pflanzen erscheinen folgende Unterschiede in den Witterungsverhältnissen der beiden Jahre besonders wichtig:
Die mittlere Temperatur in der zweiten Maihälfte des Jahres 1961 ist wesentlich niedriger als im entsprechenden Zeitraum des Jahres 1960.
Im Jahr 1960 fielen während der Vegetationsperiode weit mehr Niederschläge als 1961.

4. Die Versuchsanordnung

a) Der Feldversuch 1960

Ich teilte das für den Versuch vorgesehene Feld mit einer Länge von 30 Metern und einer Breite von 21 Metern in 6 gleich große Parzellen auf. Von jeder Parzelle entnahm ich eine Bodenprobe. (Siehe Abb.1)

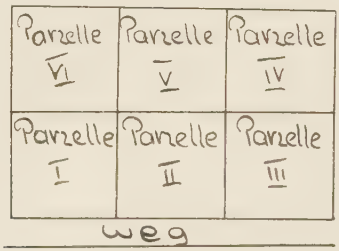

Abb. 1: Die vorläufige Einteilung des Feldes in Parzellen (Feldversuch 1960)

Die Untersuchung der Bodenproben wurde durch die Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz in München vorgenommen. Das Ergebnis der Untersuchung der Bodenproben zeigt Tabelle 2:

Parzelle	pH (KCl)	$CaCO_3$%	Lactatlösl. P_2O_5 mg/100g	Lactatlösl. K_2O mg/100g	C%	N%	C/N	O.S.%
I	5,00	Spuren	4,5	18,3	2,61	0,252	10,4	4,50
II	5,60	"	5,2	18,3	2,72	0,287	9,5	4,69
III	6,25	"	4,6	15,8	2,73	0,281	9,7	4,71
IV	7,50	4,30	8,2	16,7	2,73	0,300	9,1	4,71
V	6,35	0,70	9,0	18,3	2,98	0,290	10,3	5,14
VI	5,05	Spuren	3,7	12,5	2,88	0,306	9,4	4,97

Tabelle 2: Die Ergebnisse der Analyse der Bodenproben (Feldversuch 1960)

Der pH-Wert in KCl ist schwach sauer bis sauer, nur Parzelle IV zeigt eine neutrale bis alkalische Bodenreaktion.

Die organische Substanz (O.S.) ist relativ konstant, ebenso das Verhältnis $\frac{\text{Kohlenstoff}}{\text{Stickstoff}}$. Die Proben IV und V enthalten mäßig viel lactatlösliche Phosphorsäure, alle anderen Proben wesentlich weniger. Der Kaliumgehalt ist bei allen Bodenproben gering.

Der Boden erscheint infolge seines geringen Nährstoffgehalts und seiner ziemlich gleichmäßigen Beschaffenheit geeignet für den Feldversuch.

Um trotzdem mögliche Bodenfehler des Feldes auszugleichen, wurde dieses in 24 Parzellen eingeteilt. Da der Feldversuch in 6 Düngestufen durchgeführt wurde, kam jede Düngestufe auf 4 Parzellen vor, welche gleichmäßig über das Feld verteilt waren.

Jede Parzelle war 4 x 4,5 Meter = 18 Quadratmeter groß und war von der nächsten durch einen Weg von 1 Meter Breite getrennt. Die Anordnung der Parzellen ist aus Abb.2 zu erkennen.

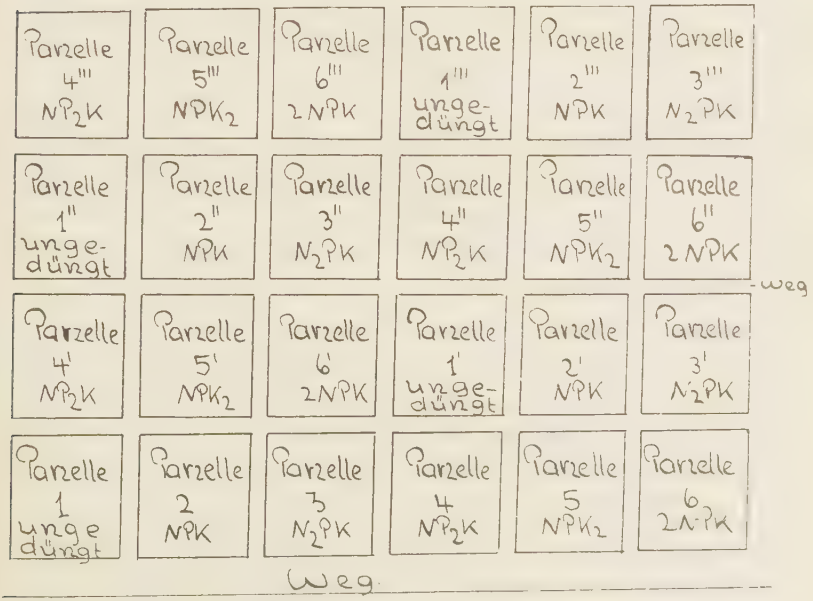

Abb. 2: Die Anordnung der Parzellen im Feldversuch des Jahres 1960

Vergleicht man Abbildung 2 mit Abbildung 1, so erkennt man, daß jeweils 4 Parzellen der Abb. 2 einer Parzelle der Abb. 1 entsprechen. Also zum Beispiel entsprechen die Parzellen 1, 2, 4', 5' der Parzelle I der Abb. 1, oder die Parzellen 5", 6", 2"' und 3"' der Parzelle IV der Abbildung 1.

Die mit der Zahl "1" bezeichneten Parzellen (1, 1', 1" und 1"') blieben ungedüngt. Die Parzellen mit den Zahlen "2" erhielten die Düngung Stickstoff-Phosphat-Kalium = NPK. Dabei bedeuten die Buchstaben N, P und K Stickstoff, Phosphat und Kalium in folgenden Mengen:

N = 75 kg Stickstoff pro Hektar als Ammoniumsulfat,
P = 90 kg P_2O_5 pro Hektar als Superphosphat,
K = 150 kg K_2O pro Hektar als 40%iges Kalidüngesalz.

Bei den Parzellen "3" wurde die Stickstoffgabe bei gleicher Phosphat- und Kaliumgabe verdoppelt. Diese Parzellen erhielten also die Düngung N_2PK.

Die Parzellen "4" erhielten die Düngung NP_2K, wobei die Phosphatgabe bei konstanter Stickstoff- und Kaliumgabe verdoppelt wurde.

Die Düngung der Parzellen "5" betrug NPK_2, wobei in gleicher Weise das Kalium verdoppelt wurde.

Die Parzellen "6" erhielten N, P und K jeweils in doppelter Menge wie die Parzellen 2.

Diese Versuchsanordnung, deren sich schon Boshart bediente, hat den Vorteil, daß man untersuchen kann, wie die zusätzliche Gabe eines Mineraldüngers zur Grunddüngung NPK, sich auswirkt.

Die Düngung der Parzellen ist also:

Parzellen 1 - 1"'	:	ungedüngt
Parzellen 2 - 2"'	:	N P K
Parzellen 3 - 3"'	:	N_2 P K
Parzellen 4 - 4"'	:	N P_2K
Parzellen 5 - 5"'	:	N P K_2
Parzellen 6 - 6"'	:	2(NPK)

Am 29.4.1960 wurden bei Regenwetter und nassem Boden die errechneten Mengen Kalidüngesalz und Superphosphat eingebracht, am 3.5. wurde der Dünger sehr sorgfältig und vorsichtig eingerecht.

Der Stickstoffdünger wurde der großen Auswaschgefahr wegen erst am 5.5.1960 gestreut. Auch das Ammoniumsulfat wurde leicht eingerecht, um ein Fortwehen zu verhindern.

Am 16. Mai 1960, nachdem die Nachtfrostgefahr vorüber war, wurde das Feld bepflanzt. Jede Parzelle wurde in 7 Reihen bepflanzt, wobei der Reihenabstand, wie auch der Abstand der äußeren Reihe vom Rand 50 cm, und der Abstand der Pflanzen in der Reihe 35 cm betrug. Die Pflanzen wurden mit dem Wurzelballen aus den Tontöpfen genommen und so in den Boden gepflanzt.

Auf jede Parzelle entfielen 7 x 12 = 84 Pflanzen. Darunter waren 36 Pflanzen der Sippe 09, 36 Pflanzen aus Saatgut von frei abgeblühten Pflanzen spanischer Herkunft, und 12 Pflanzen der Sippe 03.

Der Durchmesser der Blattrosetten der jungen Pflanzen betrug 7 - 10 cm.

Bei dem feuchten Wetter wuchsen die Pflanzen gut an und schon am 30.5. war deutlich ein Unterschied zwischen den kräftigen, sehr wüchsigen Pflanzen aller gedüngten Parzellen und den wesentlich kleineren ungedüngten Pflanzen zu sehen.

b) Der Feldversuch 1961

Auf einem anderen, dem des ersten Versuchsjahres aber hinsichtlich der Bodenbeschaffenheit und der Nährstoffversorgung des Bodens ähnlichen Feld, wurde 1961 der Feldversuch wiederholt.

Abb. 3 zeigt die vorläufige Einteilung des Feldes, Tabelle 3 die entsprechende Bodenanalyse.

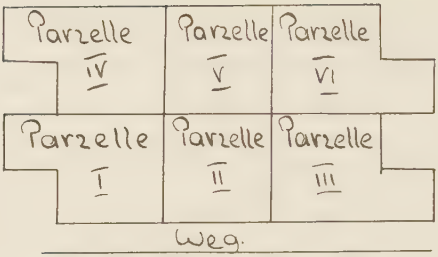

Abb. 3: Die vorläufige Einteilung des Feldes in Parzellen (Feldversuch 1961)

Parzelle	pH (KCl)	$CaCO_3$	P_2O_5 mg/100g lactatlösl.	K_2O mg/100g lactatlösl.	% C_t	% N_t	C/N-Verh.
I	5,4	Spuren	2,4	15,0	2,81	0,249	11,28
II	5,0	-	2,2	12,5	2,60	0,238	10,92
III	4,7	-	1,6	9,2	2,40	0,216	11,11
IV	5,2	-	2,5	11,3	2,84	0,259	10,96
V	5,1	-	2,3	16,7	2,76	0,250	11,04
VI	4,9	-	2,0	10,0	2,66	0,266	10,00

Tabelle 3: Die Ergebnisse der Analyse der Bodenproben (Feldversuch 1961)

Der Boden zeigt eine gleichmäßig saure Reaktion, erscheint noch wesentlich nährstoffärmer als der Boden des Vorjahres und ist von einer relativ gleichmäßigen Beschaffenheit.

Die Abbildung 4 zeigt die Parzelleneinteilung des Feldes. Es wurde - zum Unterschied von 1960 - noch eine weitere Düngestufe, die Parzelle "7", angefügt. Die Parzelle "7" erhielt die dreifache Grunddüngung, also 3NPK. Diese Parzellen mußten aber, um die Lage der übrigen Parzellen zueinander nicht zu stören, an den Rand des Feldes verlegt werden.

Die Düngergaben auf den Parzellen 2 bis 6 waren genau dieselben wie im Jahr zuvor.

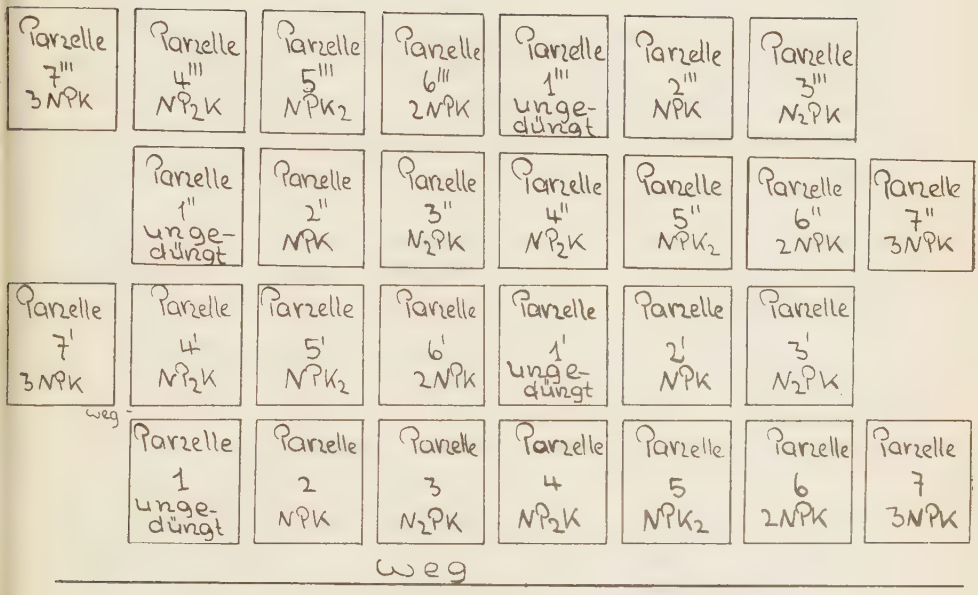

Abb. 4: Die Anordnung der Parzellen im Feldversuch des Jahres 1961

Am 29.4.1961 wurden die entsprechenden Mengen Superphosphat und 40%iges Kalidüngesalz nach einem lange anhaltenden Regen eingebracht, am 4.5. streute ich das Ammoniumsulfat und rechte es anschließend leicht ein.

Am 16. Mai 1961 wurden die Parzellen bepflanzt, und zwar mit 24 Pflanzen der Sippe 43, 24 Pflanzen der Sippe 04 und 36 Pflanzen aus dem schon im Jahr 1960 verwendeten Saatgut von frei abgeblühten Pflanzen spanischer Herkunft.

Der Rosettendurchmesser der ausgepflanzten Pflanzen betrug 8 bis 10 cm. Neben den Primärblättern waren schon 3 bis 4 Folgeblätter ausgebildet.

In den folgenden Nächten mußten die Pflänzchen mehrmals mit den dazugehörigen Tontöpfen, welche auf dem Feld gelassen

worden waren, wegen drohender Nachtfrostgefahr abgedeckt werden.

Schon am 30.5.1961 zeigten die Pflanzen auf den gedüngten Parzellen eine deutliche Reaktion auf den Mineraldünger. Alle gedüngten Pflanzen waren wüchsiger als die ungedüngten. Sie ertrugen leicht die hohen Mineralsalzgaben, ja die Pflanzen, welche die höchste Düngung erhalten hatten, erschienen besonders groß und kräftig.

Während des ganzen Sommers zeigten die Pflanzen ein gutes Wachstum, sie erreichten aber nicht die Größe der entsprechend gedüngten Pflanzen des Vorjahres.

In beiden Jahren wurden die Parzellen regelmäßig alle 3 bis 4 Wochen gehackt.

c) Der Kultur-Versuch in Mitscherlich-Töpfen

Der Versuch, Digitalis purpurea in Mitscherlichtöpfen zu kultivieren, ist schwierig. Ganz exakt, mit geglühtem Quarzsand, dem die Nährsalze beigemengt werden, kann man den Versuch nicht durchführen, weil unter diesen Bedingungen auch bei größter Vorsicht die Digitalispflanzen absterben. Diese Erfahrung hatten wir in den vorhergehenden Jahren gemacht.

So füllte ich die Mitscherlichtöpfe nicht mit reinem Sand, sondern mit einem Gemisch aus 50% reinstem, geglühtem Quarzsand und 50% nährstoffarmem Boden von der Parzelle I des Feldes im Jahre 1960 (siehe Tabelle 2).

Als Grunddüngung wurden gegeben, pro Mitscherlichtopf:
2,5 g Stickstoff als Ammoniumnitrat (reinst, Merck),
2,5 g K_2O als Kaliumsulfat (reinst),
2,0 g P_2O_5 als primäres Natriumphosphat ($NaH_2PO_4 \cdot 1\ H_2O$ Merck, reinst)

Ich traf eine Einteilung in 3 Düngereihen, die Stickstoffsteigerungsreihe A (steigende Mengen Stickstoff bei konstanten und verdoppelten Gaben von Phosphat und Kalium), die Phosphatsteigerungsreihe B (bei konstanten Stickstoff- und

Kaliumgaben) und die Kaliumsteigerungsreihe C mit konstanten Stickstoff- und Phosphatgaben. Die Düngergaben betrugen:

Bei der Stickstoffsteigerungsreihe A:

Stufe 1:	3,75	g N
	2,5	g K_2O
	2,0	g P_2O_5
Stufe 2:	5,0	g N
	2,5	g K_2O
	2,0	g P_2O_5
Stufe 3:	3,75	g N
	5,0	g K_2O
	4,0	g P_2O_5
Stufe 4:	5,0	g N
	5,0	g K_2O
	4,0	g P_2O_5

Die Düngestufen A/3 und A/4 erhielten eine doppelte Grunddüngung von Kalium und Phosphat, während A/1 und A/2 nur die einfache Grunddüngung erhielten.

Bei der Reihe B (Phosphatsteigerungsreihe):
Grunddüngung aller Düngestufen:

	2,5	g N
	2,5	g K_2O

Dazuhin erhielten:

Stufe 1:	0,5	g P_2O_5
Stufe 2:	1,0	g P_2O_5
Stufe 3:	2,0	g P_2O_5
Stufe 4:	3,0	g P_2O_5
Stufe 5:	5,0	g P_2O_5

Bei der Reihe C (Kaliumsteigerungsreihe):
Grunddüngung aller Düngestufen:

2,5 g N
2,0 g P_2O_5

Außerdem erhielten:

Stufe 1:	1,25 g K_2O
Stufe 2:	2,5 g K_2O
Stufe 3:	3,75 g K_2O
Stufe 4:	5,0 g K_2O
Stufe 5:	7,5 g K_2O

Für jede Düngestufe wurden 5 Mitscherlichtöpfe mit je einer Pflanze verwendet.

In die Mitscherlichtöpfe wurde, bevor das Erde-Sand-Gemisch eingefüllt wurde, eine Lage gewaschene Kieselsteine geschichtet. Der Kies sorgt für eine bessere Durchlüftung des Bodens.

Vor dem Einfüllen wurde das Erde-Sand-Gemisch (1 : 1) leicht angefeuchtet und durch ein Sieb mit 2 mm Maschenweite geschlagen. Die Düngesalze wurden in 100 ml destilliertem Wasser gelöst zu der Erde gegeben und diese dann vorsichtig in die Töpfe eingefüllt, unter leichtem Andrükken. Jeder Topf wurde mit 5 kg feingekörntem Erde-Sand-Gemisch gefüllt und zunächst auf 50%, nach einigen Tagen auf 80% seiner vollen Wasserkapazität gebracht. Die volle Wasserkapazität sollte nie erreicht werden, weil dadurch der Boden leicht in sich zusammensacken und seine Krümelstruktur verlieren kann.

Am 23.5.1960 wurden die Mitscherlichtöpfe bepflanzt, und zwar mit je 2 Pflänzchen der Sippe 03. Es wurde darauf geachtet, daß nur sehr wenig Erde am Wurzelballen haften blieb. Die Pflänzchen hatten einen Rosettendurchmesser von 5 - 7 cm. Waren beide Pflanzen in einem Topf angegangen, so wurde nach 10 Tagen die eine überzählige entfernt.

Am 22.6., als alle Pflanzen gut angewachsen waren, erhielten sie die 2. Hälfte der Stickstoffgabe, gelöst in 500 ml Regenwasser. Vor dem Bepflanzen war zunächst nur die Hälfte des Stickstoffs zugesetzt worden.

Die Pflanzen ertrugen auch die zweite Stickstoffgabe gut, was eine Woche danach durch ein verstärktes Wachstum sichtbar wurde.

Die Mitscherlichtöpfe standen den ganzen Sommer über in hohen Frühbeetkästen vollkommen schattenfrei. Nachts, sowie bei Regen auch tagsüber, wurden Frühbeetgläser aufgelegt, welche aber bei regenfreiem Wetter stets herabgenommen wurden, so daß die Pflanzen nur das Regenwasser erhielten, mit dem sie 2 bis 3 mal täglich gegossen wurden. So konnte eine gleichmäßige, durch Abwiegen kontrollierte Wassersättigung des Bodens erreicht werden.

Im direkten Sonnenlicht mußten die Pflanzen mittags mit Schattenleinen bedeckt werden, trotzdem wurden bei der größten Hitze die Pflanzen mit einer sehr hohen Stickstoffdüngung schnell schlaff und einige davon gingen ein. Im Ganzen blieben aber die Pflanzen in den Mitscherlichtöpfen gesund und sehr wüchsig.

d) Die Versuche mit Kurztag

Die Versuche hatten zum Ziel, die Einwirkung von kurzen Tageslängen auf die Entwicklung von Digitalis purpurea zu ermitteln.

Am 8.6.1960 wurden in 4 Frühbeetkästen je 20 Pflanzen der Sippe 03 und 20 Pflanzen der Sippe 09, welche vorher in Tontöpfe von 12 cm Durchmesser gepflanzt worden waren, gestellt. Der Zwischenraum zwischen den Töpfen wurde mit Erde aufgefüllt. Der Rand der Frühbeetkästen war mit einem Schaumgummibelag versehen, so daß jeder Kasten für sich mit Hilfe eines passenden Zinkblechs (1 m x 1,5 m) verdunkelt werden konnte. Ein Kasten wurde von 14.oo Uhr bis am anderen Morgen um 08.oo verdunkelt gehalten, so daß diese Pflanzen nur

einen 6-Stunden-Tag erhielten. Ein anderer Kasten war jeweils nur von 08.oo - 17.oo Uhr (9-Stunden-Tag) und ein dritter von 08.oo - 20.oo Uhr (12-Stunden-Tag) unverdunkelt. Die Vergleichspflanzen im 4. Frühbeetkasten kamen in den Genuß des normalen Langtages.

Die Pflanzen im 6-Stunden-Tag zeigten trotz eines normalen Wachstums bald eine Gelbgrünfärbung der Blätter. Bemerkenswert war weiterhin eine auffallende Wellung des Blattrandes.

Abb. 5: Die Frühbeetkästen mit den im Kurztag kultivierten Digitalispflanzen. Im Vordergrund die 6-Stundentagpflanzen.

Der Kurztagversuch wurde im Jahr 1961 wiederholt. Um ein besseres Wachstum der Pflanzen als im Jahr 1960 zu erreichen, wurden diese nicht in Tontöpfe, sondern direkt in die mit dem jeweils gleichen Erde-Kompost-Gemisch gefüllten Frühbeetkästen gepflanzt. Bei einem Reihenabstand von 20 cm und einem Abstand in der Reihe von 20 cm konnten sich die Pflanzen der Sippe 22 ausbreiten.

Die Verdunklung der einzelnen Kästen wurde vom 19.6.1961 an täglich zu denselben Zeiten wie im Jahr zuvor vorgenommen.

Bei Versuchsbeginn hatten die Rosetten der Digitalispflanzen einen Durchmesser von 8 bis 10 cm.

e) Die Versuche mit Abkühlung

Um die Wirkung von niedrigen Nachttemperaturen, verbunden mit einem 12-Stundentag, auf das Wachstum jugendlicher Digitalis-Pflanzen zu untersuchen, wurden vom 8.6.1960 an je 20 Pflanzen der Sippe 09 und 20 Pflanzen der Sippe 03, welche in Tontöpfe von 12 cm Durchmesser gepflanzt worden waren, nachts abgekühlt. Die Pflanzen, welche zu Beginn des Versuchs einen Rosettendurchmesser von 5 - 6 cm hatten, wurden jeweils um 20.oo in den dunklen Kühlschrank gestellt und dort 12 Stunden lang gehalten. Tagsüber wurden die Pflanzen ins Frühbeet gestellt und bei sehr starker Sonneneinstrahlung, wie die Mitscherlichtopf- und die Kurztagpflanzen, schattiert. Die Tontöpfe enthielten alle dasselbe Erde-Kompost-Gemisch.

Die so behandelten Pflanzen zeigten bald ein stark gehemmtes Wachstum. Seitenrosetten wurden wohl angelegt, verkümmerten aber stark.

Am 29.7.1960 wurden diese Pflanzen mit den Töpfen in ein Frühbeet gesetzt, wo sie sich bis zur Ernte. am 18.10.1960 noch recht gut erholten.

Als Vergleiche zu den nachts abgekühlten Pflanzen dienten die im Frühbeet im 12-Stundentag kultivierten Pflanzen.

Im Jahr 1961 wurde auch dieser Versuch wiederholt. Je 8 Pflanzen von der Sippe 22 wurden direkt in ein Holzkistchen (Grundfläche 55 x 35 cm, Höhe 16 cm) mit Frühbeeterde gepflanzt. 4 solcher Kistchen wurden in gleicher Weise abgekühlt wie die Pflanzen in den Tontöpfen im Jahr 1960. Am 19.6.1961 wurde der Versuch begonnen. Die Rosetten hatten einen Durchmesser von 8 - 10 cm. Bis zum 7.9.1961 wurde der Abkühlversuch fortgeführt, dann wurde ein Teil der Pflanzen geerntet, ein anderer Teil ins Frühbeet gesetzt und dort bis zur Ernte am 9.10.61 belassen.

Am 8.9.1961 wurden 12 kräftige Pflanzen der Sippe 22, welche bis dahin im Normallangtag im Frühbeet gewachsen waren, in die Holzkistchen gepflanzt. Vom 11.9. ab wurden diese Pflanzen in einem 9-Stundentag bei einer Nachttemperatur von + 5° C gehalten. Sie kamen um 17.oo in den Kühlschrank und blieben dort im Dunkeln bis 20.oo. Um 20.oo wurde der Kühlschrank angeschaltet und bis 08.oo morgens blieben die Pflanzen dort bei + 5° C.

Dieser Versuch sollte zeigen, wie sich ein verkürzter Tag verbunden mit einer niedrigen Nachttemperatur auf den Cardenolidglykosidgehalt schon erwachsener Digitalispflanzen auswirkt. Er wurde am 9.10.1961 abgebrochen.

Als Vergleichspflanzen dienten auch hier die im 12-Stundentag im Frühbeet kultivierten Pflanzen.

5. Die untersuchten Blattmerkmale und die Methoden zu ihrer Bestimmung

a) Die morphologischen Merkmale

Ich bestimmte das Verhältnis $\frac{\text{Länge der Blattspreite}}{\text{Breite der Blattspreite}}$ und das Verhältnis $\frac{\text{Länge der Blattspreite}}{\text{Länge des Blattstiels}}$. Die Länge wurde von

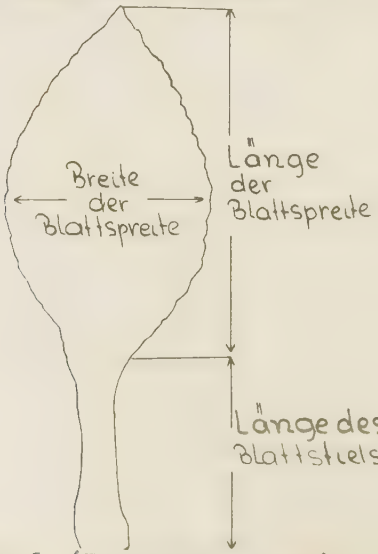

Abb. 6: (Erklärung im Text)

der Spitze der Blattspreite bis zum Stielansatz, die Breite in der Mitte der Blattspreite an der breitesten Stelle und die Stiellänge von der Stelle, wo Blattstiel und Blattspreite ineinander übergehen, bis zum Ansatz des Blattstiels am Rosettensproß gemessen (siehe Abbildung 6). Die Messungen können bei einiger Übung sehr genau und einheitlich durchgeführt werden.

In den meisten Fällen war das 3. Blatt in basipetaler Folge meßbar und so konnte ich, bei diesem beginnend, in basipetaler Folge die Blätter der Rosetten messen.

b) Die anatomischen Merkmale

Bei Digitalis purpurea sind auf der Ober- und Unterseite der untersuchten Rosettenblätter außer den Stomata 3 Arten von Trichomen ausgebildet (s.Abbildung 8). Um diese, die Spaltöffnungen und die Epidermiszellen auszählen zu können, wurden von der oberen und unteren Epidermis mit der Rasierklinge Flächenschnitte angefertigt. Es wurden jeweils 2 große Rosettenblätter, das 7. und 8. Blatt in basipetaler Folge, entnommen. Mit dem Präzisionsplanimeter wurde ihre Blattfläche bestimmt. Dann wurden an den Stellen des Blattes, welche die Abbildung 7 zeigt, auf der Ober- und auf der Unter-

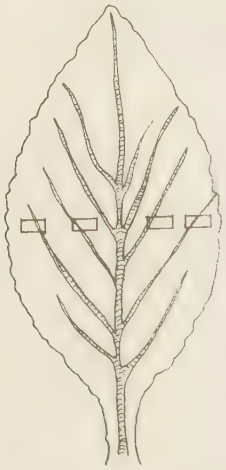

Abb. 7: Die Bereiche des Blattes, an denen die

seite je 4 Flächenschnitte gemacht. Diese wurden in Chloralhydratlösung 5 : 8 aufgehellt.

Auf den Präparaten wurden zwischen den größeren Nerven die Stomata und Trichome auf einer Zählfläche von 0,8007 mm^2 ausgezählt. So erhielt ich bei jedem Blattpaar 8 Zahlenwerte für jedes Merkmal auf jeder Blattseite. Aus diesen wurde das Mittel gezogen und der Mittelwert auf 1 mm^2 umgerechnet.

Auf einer Zählfläche von 0,0452 mm^2 wurden an 10 Stellen der je 8 Präparate von Ober- und Unterseite die Epidermiszellen ohne Stomata und an 10 Stellen der Präparate der Oberseite die Palisadenparenchymzellen ausgezählt.

Die Zahl der Epidermiszellen und Palisaden auf 0,452 mm^2 Zählfläche wurde auf 1 mm^2 umgerechnet.

Für jedes Blattpaar ergab sich so folgendes Schema:

Blatt	Stomata		Gliederhaare mit Köpfchen		Gliederhaare ohne Köpfchen		Kurzgest. Drüsenhaare		Palisaden	Epidermiszellen	
	o	u	o	u	o	u	o	u		o	u
1	21	155	0	9	19	24	10	13	110	31	32
	30	175	0	5	23	19	4	12	117	29	34
	25	152	0	6	17	25	6	13	115	28	33
	27	158	1	5	16	20	7	14	137	34	31
									121	31	34
2	24	163	1	9	23	16	8	8		29	32
	33	165	0	11	18	26	8	12	110	30	32
	29	166	0	13	15	19	5	19	112	31	36
									108		
	30	157	0	8	16	20	7	9	110	30	34
									112	29	33
Summe	219	1291	2	66	147	169	55	100	1152	302	331
Mittel	27	161	0	8	18	21	7	12			
auf 1 mm^2	34	201	0	10	24	26	9	15	2550	671	735

Tabelle 4: Beispiel des Schemas einer Zweiblattuntersuchung

Feldversuch 1961. Sippe 43. Parzelle: 1.
Untersucht am 31.7.1961

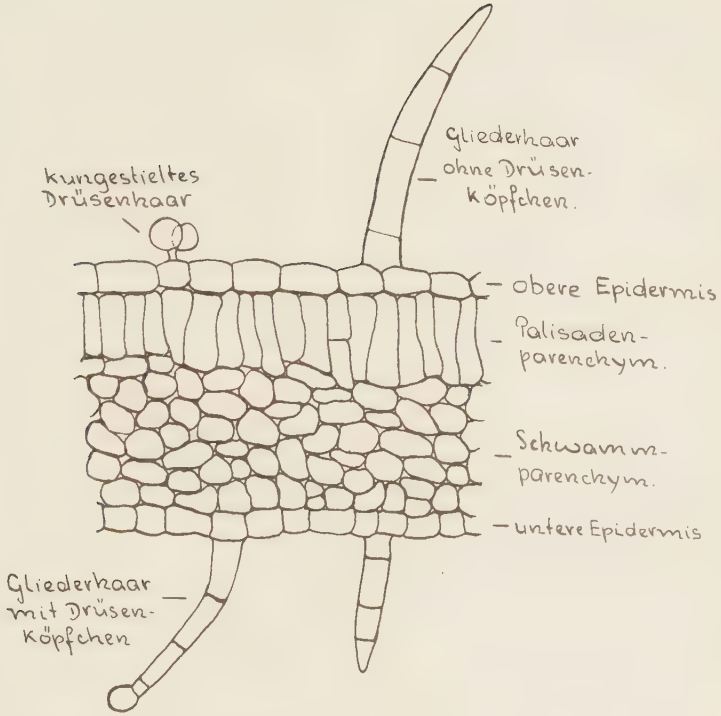

Abb. 8: Querschnitt durch ein Blatt von Digitalis purpurea.

Es wurden die Salisbury-Indices der Stomata bestimmt. In gleicher Weise wurden Indices auch für die Trichome und Palisadenparenchymzellen berechnet.

Der Stomaindex errechnet sich wie folgt:

$$\frac{\text{Anzahl der Stomata pro mm}^2 \times 100}{\text{Anzahl der Epidermiszellen + Stomata/mm}^2}$$

Er gibt also den prozentualen Anteil der Stomata an der Gesamtzahl der Epidermiszellen pro Flächeneinheit an.

Um für die Palisadenindices keine zu hohen Werte zu erhalten, wurde die Anzahl der Palisadenparenchymzellen/mm^2 nur mit 10 anstatt mit 100 multipliziert.

In den anatomischen Tabellen sind folgende Abkürzungen verwendet:

Epidermiszellen = Epz
Gliederhaare mit Köpfchen = Gmk
Gliederhaare ohne Köpfchen = Gok
Kurzgestielte Drüsenhaare = KDr
Stomaindex nach Salisbury = Stomaindex

$$= \frac{\text{Anzahl der Stomata/mm}^2 \times 100}{\text{Anzahl der Epz + Stomata/mm}^2}$$

Gliederhaare mit Köpfchenindex = Gmk-Index

$$= \frac{\text{Anzahl der Gmk/mm}^2 \times 100}{\text{Anzahl der Epz + Stomata/mm}^2}$$

Gliederhaare ohne Köpfchenindex = Gok-Index

$$= \frac{\text{Anzahl der Gok/mm}^2 \times 100}{\text{Anzahl der Epz + Stomata/mm}^2}$$

Kurzgestielte Drüsenhaareindex = KDr-Index

$$= \frac{\text{Anzahl der KDr/mm}^2 \times 100}{\text{Anzahl der Epz + Stomata/mm}^2}$$

$$\text{Palisadenindex} = \frac{\text{Anzahl der Palisaden/mm}^2 \times 10}{\text{Anzahl der oberen Epz + Stomata/mm}^2}$$

$$\text{Verhältnis der Stomata } \frac{\text{Unterseite}}{\text{Oberseite}} = \text{U : O}$$

c) Die Struktur des Mesophylls

Außer der anatomischen Untersuchung der Flächenschnitte der Epidermis auf der Ober- und Unterseite des Blattes wurde auch die Struktur von Mesophyll und Epidermis im Blattquerschnitt untersucht.

Zwei große Rosettenblätter je Pflanze wurden entnommen, das 7. und 8. Blatt in basipetaler Folge. Von jedem Blatt wurden, wie Abbildung 9 zeigt, in der Mitte 4 Querschnitte gemacht.

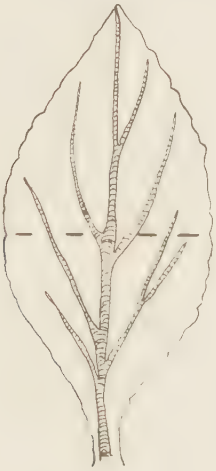

Abb. 9: Die Bereiche des Blattes, aus denen die Querschnitte entnommen wurden

An jedem Präparat wurde, an einer Stelle beginnend, an 10 aufeinanderfolgenden Zellen der Durchmesser der oberen Epidermiszellen, die Breite der Palisadenzellen, die Höhe der Palisadenzellen, an je 5 Stellen die Gesamtdicke des Blattes sowie die Höhe der oberen und der unteren Epidermiszellen gemessen. Bei jedem Blattpaar wurden also für jedes der 3 ersten Merkmale 80 Werte, für alle übrigen Merkmale 40 Meßwerte erhalten.

Diese wurden addiert, Mittelwerte gebildet und aus diesen Mittelwerten wurden folgende Relationen ermittelt:

1) $\frac{\text{Höhe der Palisaden}}{\text{Breite der Palisaden}}$

2) $\frac{\text{Gesamtdicke des Blattes}}{\text{Höhe der Palisaden}}$

3) $\frac{\text{Schwammparenchym}}{\text{Palisadenparenchym}}$

4) $\frac{\text{Durchmesser der oberen Epidermiszellen}}{\text{Breite der Palisadenzellen}}$

Das Verhältnis $\frac{\text{Höhe der Palisaden}}{\text{Breite der Palisaden}}$ ist ein direktes Maß für die Streckung der Palisaden. Die 2. Relation gibt an, wie groß der Anteil der Höhe des Palisadenparenchyms an dem Gesamtquerschnitt des Blattes ist. Der dritte Zahlenwert zeigt eine quantitative Beziehung zwischen Schwammparenchym und Palisadenparenchym auf, während man aus der 4. Relation ablesen kann, wieviele Palisaden eine Zelle der oberen Epidermis bedeckt.

6. Die chemischen Untersuchungen

a) Die Ernte und Trocknung des Untersuchungsmaterials

Am Nachmittag des Erntetages wurden die ganzen Pflanzen ausgegraben und die Blätter am Rosettensproß abgebrochen. Zur Bestimmung verwendet wurden nur gesunde, grüne Blätter. Verwelkte, gelbe Blätter sowie der Sproß und die Wurzeln wurden verworfen.

Die so geernteten Blätter wurden im Warmlufttrockenofen bei 50 bis 55° C 16 bis 20 Stunden getrocknet, bis die Stengel brüchig wurden. Die Drogen wurden, nachdem spärlich vorhandene Schmutzteilchen abgeklopft worden waren, zu pulvis subtilis vermahlen mit Hilfe eines "Braun Multimix".

Die Drogenpulver wurden in gut verschließbare Schraubdeckelgläser gefüllt und bis zur Extraktion über Blaugel (Merck) aufbewahrt.

b) Die Methode der Cardenolidglykosidbestimmung

Den Cardenolidglykosidgehalt der verschiedenen Drogen bestimmte ich nach der papierchromatographischen, quantitativen Methode von Haack, Kaiser, Gube, Spingler. Diese Methode liefert getrennte Werte für die 3 Hauptglykoside Digitoxin, Gitaloxin und Gitoxin. Sie ist deshalb, weil nur die pharmakologisch hoch wirksamen Cardenolidglykoside bestimmt werden, für eine genaue Beurteilung des Drogenwertes sehr wertvoll.

Waren neben den Tridigitoxosiden in einer Droge auch Mono- und Bisdigitoxoside der Aglykone enthalten, so wurden diese mitextrahiert und mitgemessen, die Werte wurden jedoch immer auf die Tridigitoxoside bezogen.

Jede quantitative Bestimmung wurde mit 2 Parallelbestimmungen durchgeführt, so daß also jeder erhaltene Wert ein Mittel aus 3 Bestimmungen darstellt.

c) Das Extraktionsverfahren

10 g feinpulverisierte Droge wurden genau abgewogen und mit 500 ml destilliertem Wasser 24 Stunden lang in 1 l-Flaschen auf der Schüttelmaschine geschüttelt. Dann wurde vom Drogenrückstand abfiltriert und das Filtrat 5 mal mit je 100 ml Chloroform extrahiert. Dabei trat stets an der Trennungsschicht Wasser-Chloroform eine mehr oder weniger starke Emulsionsbildung auf. Diese Emulsion mußte durch Zentrifugieren aufgetrennt werden. - Der Chloroformauszug wurde im Vakuum bei maximal 40° C eingeengt. Die so erhaltenen Extrakte, welche die Gitalinfraktion aus Folia Digitalis darstellen, wurden in fest verschlossenen Gefäßen bis zur papierchromatographischen Bestimmung ihrer Bestandteile über Blaugel (Merck) aufbewahrt.

B. Die anatomischen Merkmale der unter verschiedenen Ernährungs-, Temperatur- und Beleuchtungsbedingungen kultivierten Digitalispflanzen

Im Anschluß an die Tabellen, welche über die Anzahl der Stomata, Palisadenzellen und Trichome pro mm^2 Aufschluß geben, sind die biometrischen Werte für diese Merkmale aufgeführt.

Dabei bedeuten:

$\bar{x}$ = arithmetischer Mittelwert aus den Beobachtungen eines Merkmals unter bestimmten Bedingungen

s = Streuung von $\bar{x}$

$s_{\bar{x}}$ = mittlerer Fehler von $\bar{x}$

v = Variationskoeffizient, der die prozentuale Streuung, bezogen auf $\bar{x}$, angibt

$t_{\bar{x}\Sigma\bar{x}}$ = Vergleichswert von $\bar{x}$ zu $\bar{x}_{\Sigma\bar{x}}$, dem arithmetischen Mittel aus allen $\bar{x}$ einer Versuchsreihe

$t_{\bar{x}\Sigma\bar{x}}$ gibt an, ob zwischen dem Mittelwert $\bar{x}$ einer Zellart und dem arithmetischen Gesamtmittel dieser Zellart bei einer Sippe ein signifikanter Unterschied besteht.

Nimmt man für die zu vergleichenden Werte eine Grenzwahrscheinlichkeit von weniger als 0,1% an, dann zeigen alle Werte von $t_{\bar{x}\Sigma\bar{x}}$, welche größer als 5 sind, mit Sicherheit einen signifikanten Unterschied an.

Die arithmetischen Mittelwerte wurden beim Mitscherlichtopfversuch aus 32 oder 24 Einzelbeobachtungen jedes Merkmals, bei den Feldversuchen aus 96, und bei den Kurztagversuchen aus 80 Beobachtungen jedes Merkmals errechnet.

Die Zahlenwerte von $\bar{x}$, s und $s_{\bar{x}}$ wurden in den meisten Fällen auf ganze Zahlen auf- oder abgerundet.

Die Größe der Streuung s gibt nur bedingt Aufschluß über die Einheitlichkeit des untersuchten Pflanzenmaterials. s ist eine ganze, unbenannte Zahl und hängt nur indirekt von den Einzelwerten einer Zellart ab. Außerdem wird die Streuung s um so größer, je kleiner der absolute Zahlenwert einer Zellart ist.

Die Anzahl der Stomata, Palisaden und Trichome kann immer nur in ganzen Zahlen angegeben werden, was die relative Streuung bei niederen Zahlenwerten, welche zum Beispiel bei den Trichomen auftreten können, noch vergrößert.

Auch der Variationskoeffizient, welcher das Verhältnis der Streuung zu dem Zahlenwert, zu dem sie gehört, ausdrückt, steigt bei kleinen Zahlen enorm in die Höhe.

Es muß also bei der Beurteilung der Einheitlichkeit eines Merkmales die absolute Höhe des Zahlenwerts berücksichtigt werden.

I. Die Anzahl der Stomata, Palisadenparenchymzellen und Trichome pro Quadratmillimeter sowie deren Indices

1. Die Kultur in Mitscherlichtöpfen im Jahr 1960

Die Untersuchungen wurden vom 28.8. bis 13.9.1960 durchgeführt. Bei 8 Düngestufen wurden von 4 Pflanzen, bei 6 Düngestufen von 3 Pflanzen je ein Blattpaar, das 7. und 8. Blatt in basipetaler Folge, entnommen. Wie in der Einleitung beschrieben, wurden Flächenschnitte von beiden Seiten der Blätter angefertigt und diese Präparate ausgezählt.

Die Anzahl der oberseitigen Stomata:

Aus Tabelle 5 geht hervor, daß die Pflanzen der Düngereihe A, also die Pflanzen mit der höchsten Stickstoffdüngung, wie auch mit der höchsten Mineraldüngung überhaupt, die höchsten Werte aufweisen.

Die Zahlenwerte der Pflanzen der beiden anderen Düngereihen liegen alle wesentlich niedriger. Eine Ausnahme bildet die Düngestufe B/1. Die Pflanzen dieser Düngestufe mit der sehr geringen Phosphatgabe von 0,5 g pro Mitscherlichtopf sind als Hungerpflanzen anzusehen und nehmen auch noch bei anderen Merkmalen eine Ausnahmestellung ein.

Die Werte aller Pflanzen aus der Düngereihe A sind signifikant höher als das arithmetische Gesamtmittel, die Werte der Pflanzen der Düngestufen B/2 und B/4 sowie der Düngestufen C/3 bis C/5 sind signifikant niedriger.

Die Anzahl der unterseitigen Stomata:

Auch hier weisen die Pflanzen der Stickstoffdüngereihe A die höchsten Zahlenwerte auf. Die Pflanzen der Düngestufen A/1 und A/3 mit einer Stickstoffgabe von je 3,75 g, bei A/1 kombiniert mit der normalen, bei A/3 mit der doppelten Grunddüngung von Kalium und Phosphat, besitzen eine noch höhere Anzahl unterseitiger Stomata pro mm^2 als die Pflanzen der Stufen A/2 und A/4. Diese unterscheiden sich nur durch die höheren Gaben von 5 g Stickstoff von den Düngestufen A/1 und A/3. In der Düngereihe B nimmt die Anzahl

der unterseitigen Stomata mit steigenden Phosphatgaben zu, wenn man wiederum B/1 für sich bewertet.

In der Kaliumsteigerungsreihe C sind alle Zahlenwerte niedriger und nehmen noch mit steigenden Kaliumgaben ab.

Düngestufe	Stomata o	Stomata u	G m k o	G m k u	G o k o	G o k u	K D r o	K D r u	Palisaden	U:O
A/1 (3,75 g N)	21	172	5	11	17	27	4	10	1890	7,9
A/2 (5,0 g N)	20	147	6	8	32	40	6	9	2590	7,2
A/3 (3,75 g N)	20	165	6	10	28	37	5	10	2440	8,2
A/4 (5,0 g N)	24	148	6	10	16	27	7	19	2020	6,0
B/1 (0,5 g P_2O_5)	18	136	8	9	27	32	4	7	2250	7,6
B/2 (1,0 g P_2O_5)	13	122	9	11	17	21	4	10	1940	9,2
B/3 (2,0 g P_2O_5)	16	129	4	8	26	34	7	17	2010	8,1
B/4 (3,0 g P_2O_5)	14	143	3	7	31	40	7	12	2330	9,8
B/5 (5,0 g P_2O_5)	17	147	3	6	23	26	7	13	2540	8,3
C/1 (1,25 g K_2O)	15	126	10	12	21	29	4	11	1910	8,4
C/2 (2,5 g K_2O)	16	128	5	10	21	33	5	13	1920	8,2
C/3 (3,75 g K_2O)	13	120	4	9	22	24	4	10	1870	9,0
C/4 (5,0 g K_2O)	14	118	4	7	19	26	4	10	1885	8,4
C/5 (7,5 g K_2O)	13	110	9	14	15	19	3	7	1860	7,9
Gesamtmittel	17	136	6	10	23	29	5	11	2100	8,1

Tabelle 5: Kultur in Mitscherlichtöpfen 1960. Sippe 03.

Die Anzahl der Stomata, Palisadenparenchymzellen und Trichome pro mm^2. (Die angegebenen Düngermengen wurden zusammen mit einer Grunddüngung gegeben. Siehe Einleitung.)

In der gesamten Düngereihe A sowie bei den Stufen B/4 und B/5 sind die Werte signifikant höher als das arithmetische Mittel, signifikant niedriger sind sie bei den Düngestufen B/2 und B/3 und in der ganzen Kaliumsteigerungsreihe C (siehe Tabelle 7).

Die Anzahl der Palisadenparenchymzellen:

Die Pflanzen der Düngestufen A/2 und A/3 besitzen eine besonders hohe Zahl von Palisaden pro mm^2, während die Zahlenwerte bei den Stufen A/1 und A/4 wesentlich niedriger liegen. Von B/2 nach B/5 findet ein deutlicher Anstieg, von C/1 nach C/5 ein Absinken der Werte statt. Der Zahlenwert liegt bei der Düngestufe A/2 signifikant höher als das Gesamtmittel.

Das Verhältnis $\frac{\text{Stomata unterseits}}{\text{Stomata oberseits}}$ zeigt bei der Düngestufe A/4 einen niedrigen Wert, bei den Düngestufen B/2, B/4 und C/3 höhere Werte als im Mittel. Deutliche Unterschiede sind jedoch nicht zu erkennen.

Die Anzahl der Trichome:

Die Gliederhaare mit Köpfchen sind so spärlich vorhanden, daß die Zahlenwerte der Streuung groß und nur wenige Unterschiede, bezogen auf das arithmetische Mittel aus allen Untersuchungen, signifikant sind:
Die niedrigen Zahlenwerte am Ende der Phosphatsteigerungsreihe (Düngestufen B/4 und B/5), (siehe Tabelle 5).

Die Gliederhaare ohne Köpfchen sind wesentlich zahlreicher, infolgedessen ist die Streuung geringer.

Signifikante Unterschiede sind:

Bei erhöhten Stickstoffgaben (Düngestufen A/2 und A/3) sowie bei einer erhöhten Phosphatgabe (Stufe B/4) eine größere Anzahl von Gliederhaaren ohne Köpfchen auf Blattober- und Blattunterseite. Eine verminderte Zahl von Gliederhaaren auf der Blattober- und Blattunterseite bei der höchsten Kaliumgabe (Düngestufe C/5).

Bei den Düngestufen A/1 und A/4 ist die Anzahl der oberseitigen Gliederhaare geringer (siehe Tabelle 8).

Die Pflanzen der Düngestufen B/3 und A/4 weisen eine deutlich erhöhte Anzahl unterseitiger kurzgestielter Drüsenhaare auf. Bei allen anderen Pflanzen bestehen weder auf der Blattoberseite noch auf der Blattunterseite signifikante Unterschiede in der Anzahl der kurzgestielten Drüsenhaare.

Die Werte der Indices der Stomata, Palisaden und Trichome ergaben im wesentlichen dieselben Unterschiede wie die absoluten Werte.

Düngestufe	Stoma-Index		Gmk-Index		Gok-Index		KDr-Index		Palisaden-Index
	o	u	o	u	o	u	o	u	
A/1 (3,75 g N)	4,0	21,9	0,9	1,4	3,0	3,5	0,75	1,3	35,1
A/2 (5,0 g N)	3,6	18,8	1,1	1,0	5,8	5,5	1,0	1,2	46,0
A/3 (3,75 g N)	3,8	21,8	1,1	1,2	5,3	4,8	0,9	1,2	46,7
A/4 (5,0 g N)	4,3	20,3	1,0	1,2	2,5	3,5	1,1	2,5	35,6
B/1 (0,5 g P_2O_5)	3,6	19,0	1,5	1,3	5,3	4,5	0,8	1,0	45,3
B/2 (1,0 g P_2O_5)	2,6	17,1	1,8	1,6	3,3	2,9	0,7	1,3	39,8
B/3 (2,0 g P_2O_5)	3,2	18,3	0,8	1,2	5,3	4,9	1,5	2,5	41,1
B/4 (3,0 g P_2O_5)	2,9	19,8	0,65	1,0	6,2	5,6	1,4	1,6	46,8
B/5 (5,0 g P_2O_5)	3,3	19,9	0,6	0,8	4,5	3,5	1,4	1,8	48,8
C/1 (1,25 g K_2O)	2,8	18,2	1,9	1,8	3,9	4,1	0,8	1,5	36,4
C/2 (2,5 g K_2O)	3,0	18,2	1,0	1,4	4,1	4,8	0,9	2,1	37,9
C/3 (3,75 g K_2O)	2,7	17,9	0,9	1,3	4,4	3,5	0,9	1,4	38,5
C/4 (5,0 g K_2O)	2,9	17,6	0,9	1,1	4,0	3,9	0,9	1,4	39,4
C/5 (7,5 g K_2O)	2,9	16,8	1,9	2,1	3,3	2,9	0,7	1,0	41,0

Tabelle 6: Kultur in Mitscherlichtöpfen 1960. Sippe 03.
Die Indices der Stomata, Palisadenparenchymzellen und Trichome. (Die angegebenen Düngermengen werden zusammen mit einer Grunddüngung gegeben. Siehe Einleitung.)

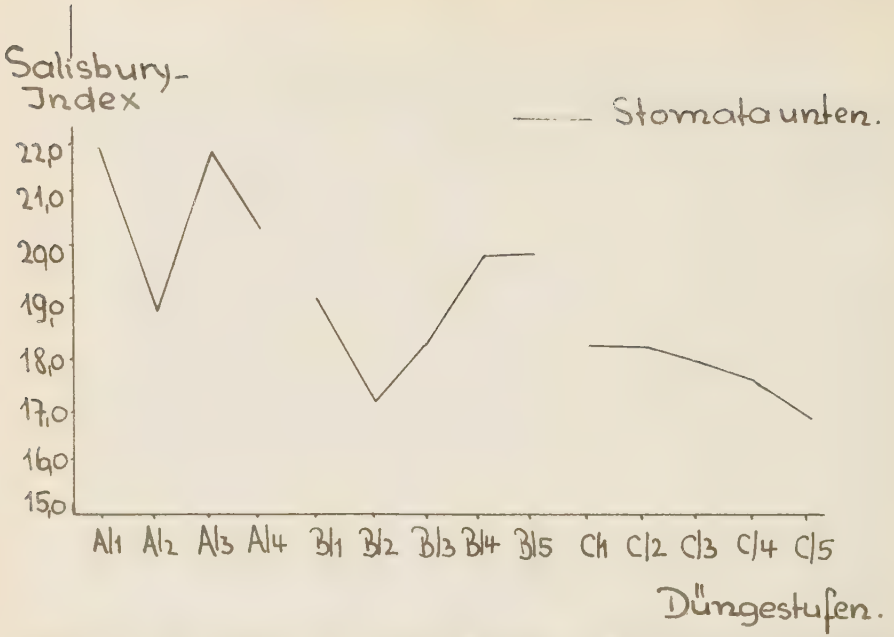

Abb. 10: Die Indices der Spaltöffnungen auf der Blattunterseite bei verschieden gedüngten Pflanzen.
Kultur in Mitscherlichtöpfen 1960. Sippe 03.

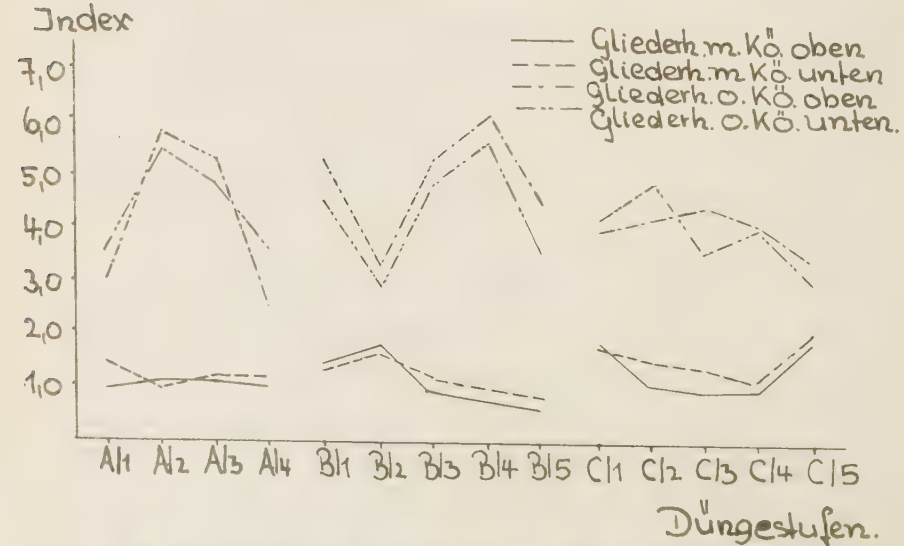

Abb. 11: Die Indices der Gliederhaare mit und ohne Drüsenköpfchen auf Blattoberseite und auf Blattunterseite bei verschieden gedüngten Pflanzen.
Kultur in Mitscherlichtöpfen 1960. Sippe 03.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß in der Stickstoffdüngereihe A die Pflanzen mit der zweithöchsten Stickstoffgabe von 3,75 g pro Mitscherlichtopf die höchsten unterseitigen Spaltöffnungsindices besitzen (siehe Abb. 10, Düngestufen A/1 und A/3). Bei Stickstoffgaben von 5 g pro Mitscherlichtopf mit einfacher und doppelter Grunddüngung von Phosphat und Kalium liegen die Werte niedriger (Düngestufen A/2 und A/4).

In der Phosphatsteigerungsreihe B steigen die unterseitigen Stomaindices mit steigenden Phosphatgaben an (siehe Abb. 10). In der Düngereihe C liegen die unterseitigen Spaltöffnungsindices durchweg niedriger als in den beiden anderen Düngereihen. Mit steigenden Kaliumgaben sinken die Werte weiter ab (siehe Abb. 10).

Die Unterschiede bei den oberseitigen Spaltöffnungsindices sind wesentlich geringer (siehe Abb. 12).

Die Werte der Palisadenindices steigen in der Stickstoffsteigerungsreihe bis zur Stufe A/3 an und fallen bei der Stufe A/4 ab (siehe Abb. 13). In der Phosphatreihe und in der Kaliumreihe steigen die Werte mit zunehmenden Düngergaben an (ausgenommen die Hungerform B/1, siehe oben). Die Werte der Kaliumsteigerungsreihe liegen insgesamt niedriger.

Bei den Indices der Gliederhaare mit Köpfchen treten in der Stickstoffsteigerungsreihe A nur geringe Unterschiede auf. In der Phosphatreihe fallen die Werte von B/2 nach B/5 langsam ab. In der Kaliumsteigerungsreihe fallen sie von C/1 nach C/4 ebenfalls ab und steigen zuletzt nach C/5 wieder an (siehe Abb. 11).

Die Kurven der Indices der Gliederhaare ohne Köpfchen verlaufen auf Blattober- und Blattunterseite ähnlich. In der Stickstoffreihe steigen sie von A/1 nach A/2 an und fallen über A/3 nach A/4 ab. In der Phosphatreihe B steigen sie von B/2 über B/3 nach B/4 an und fallen nach B/5 ab (wieder B/1 ausgenommen). In der Kaliumreihe steigt auf der Oberseite der Index bis zur 3. Düngestufe, auf der Unterseite bis zur 2 Stufe mäßig an, um dann mit weiter steigenden Kaliumgaben langsam abzufallen (siehe Abb. 11).

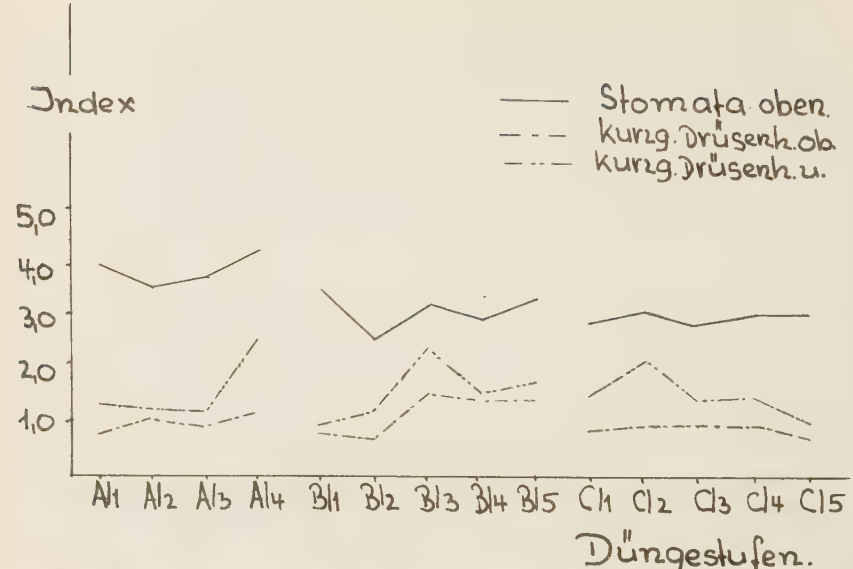

Abb. 12: Die Indices der Spaltöffnungen auf der Blattoberseite und der kurzgestielten Drüsenhaare auf der Blattoberseite und Blattunterseite bei verschieden gedüngten Pflanzen. Kultur in Mitscherlichtöpfen 1960 Sippe 03.

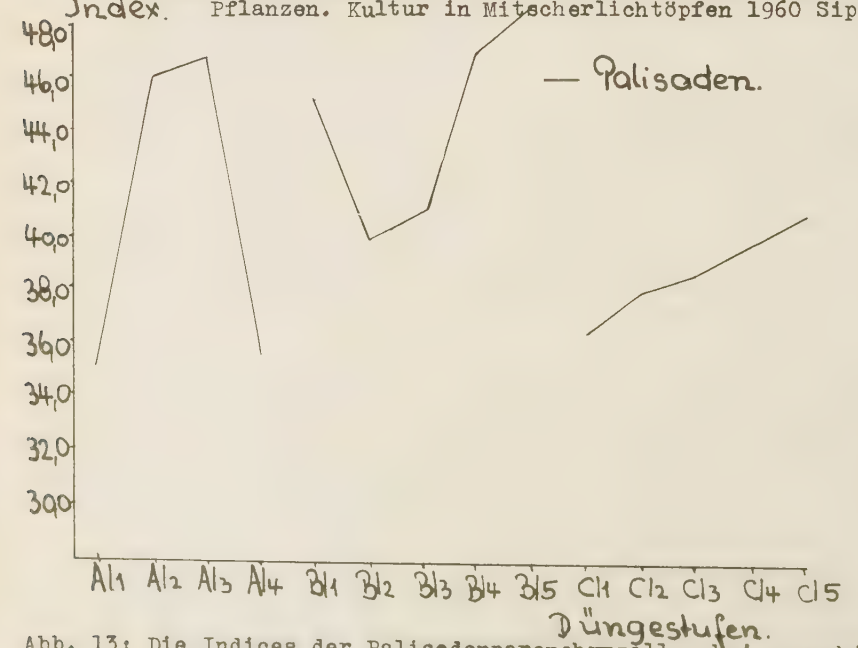

Abb. 13: Die Indices der Palisadenparenchymzellen bei verschieden gedüngten Pflanzen.
Kultur in Mitscherlichtöpfen 1960. Sippe 03.

Die Indices der kurzgestielten Drüsenhaare zeigen in der Stickstoffreihe A außer einem Ansteigen der Kurve der unterseitigen Indices von A/3 nach A/4 keine wesentlichen Unterschiede.

In der Phosphatreihe B steigen die Indices auf der Ober- und Unterseite des Blattes von B/1 über B/2 nach B/3 an und fallen nach B/5 wieder ab. Die Indices der Kaliumreihe C weisen auf der Blattunterseite keine Unterschiede auf, auf der Blattoberseite steigt die Kurve von C/1 nach C/2 an und fällt über C/3 und C/4 nach C/5 ab (siehe Abb. 12).

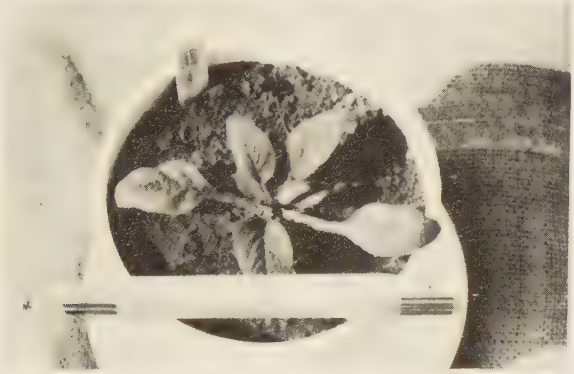

Abb. 14: Pflanze der Düngestufe B/1

Abb. 15: Pflanze der Düngestufe B/2

Die Spaltöffnungen auf der Blattober- und Blattunterseite

Düngestufe	Oberseite $\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$t_{\bar{x}\Sigma\bar{x}}$	Unterseite $\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$t_{\bar{x}\Sigma\bar{x}}$
A/1	21	2	0,5	9,5	8,8	172	6	1	3,4	30,0
A/2	20	2	0,5	10,0	5,4	147	5	1	3,4	8,4
A/3	20	2	0,5	10,0	6,6	165	6	1	3,6	24,1
A/4	24	2	0,5	8,3	12,7	148	5	1	3,3	9,2
B/1	18	4	1	22,2	1,2	136	5	1	3,5	0
B/2	13	2	0,5	15,4	7,2	122	6	1	4,9	10,0
B/3	16	3	0,5	18,7	1,5	129	6	1	3,6	5,0
B/4	14	2	0,5	14,2	6,6	143	5	1	3,5	6,3
B/5	17	4	1	23,5	0	147	5	1	3,4	10,0
C/1	15	2	0,5	13,3	4,4	126	5	1	3,9	9,0
C/2	16	3	0,5	18,7	1,8	128	6	1	4,7	6,6
C/3	13	2	0,5	15,4	7,2	120	5	1	4,1	12,3
C/4	14	2	0,5	15,0	6,6	118	5	1	4,2	16,3
C/5	13	2	0,5	15,4	8,8	110	4	0,5	3,6	26,0

Die Gliederhaare mit Köpfchen auf der Blattober- und Blattunterseite

Düngestufe	Oberseite $\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$t_{\bar{x}\Sigma\bar{x}}$	Unterseite $\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$t_{\bar{x}\Sigma\bar{x}}$
A/1	5	3	0,5	60,0	1,5	11	4	1	36,3	1,1
A/2	6	2	0,5	33,3	0	8	2	0,5	25,0	2,3
A/3	6	3	0,5	50,0	0	10	4	1	40,0	0
A/4	6	4	1	66,6	0	10	4	1	40,0	0
B/1	8	4	1	50,0	2,2	9	3	0,5	33,3	1,1
B/2	9	3	0,5	33,3	3,7	11	4	1	36,1	1,0
B/3	4	2	0,5	50,0	2,0	8	2	0,5	25,0	2,3
B/4	3	2	0,5	66,6	5,4	7	2	0,5	28,5	4,2
B/5	3	2	0,5	66,6	5,4	6	3	0,5	50,0	5,0
C/1	10	5	1	50,0	4,4	12	5	1	41,6	2,0
C/2	5	2	0,5	40,0	1,8	10	5	1	50,0	0
C/3	4	2	0,5	50,0	3,0	9	4	1	44,4	0,9
C/4	4	3	0,5	75,0	3,0	7	4	1	57,1	3,3
C/5	9	3	0,5	33,3	4,6	14	5	1	35,7	4,0

Tabelle 7: Kultur in Mitscherlichtöpfen 1960. Sippe 03.

Die biometrischen Werte der Spaltöffnungen und Gliederhaare mit Drüsenköpfchen.

Die Gliederhaare ohne Köpfchen auf der Blattober- und Blattunterseite

Düngestufe	Oberseite					Unterseite				
	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$t_{\bar{x}\Sigma\bar{x}}$	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$t_{\bar{x}\Sigma\bar{x}}$
A/1	17	5	1	29,4	5,0	27	4	0,5	14,7	1,6
A/2	32	4	1	12,5	6,9	40	9	1	22,5	5,2
A/3	28	5	1	17,8	4,1	37	7	1	18,9	5,0
A/4	16	4	1	25,0	5,4	27	8	1	29,6	1,0
B/1	27	11	2	40,7	1,7	32	7	1	21,8	1,7
B/2	17	3	0,5	17,6	5,0	21	6	1	28,5	4,7
B/3	26	3	0,5	11,5	2,5	34	8	1	23,5	2,6
B/4	31	6	1	19,3	5,7	40	5	1	12,5	7,8
B/5	23	4	1	15,2	0	26	3	0,5	11,5	2,5
C/1	21	11	2	52,3	1,0	29	11	2	37,9	0
C/2	21	9	1	42,6	1,1	33	11	2	36,3	2,0
C/3	22	5	1	40,9	0,7	24	5	1	20,8	3,3
C/4	19	5	1	26,3	3,3	26	6	1	23,3	2,1
C/5	15	6	1	40,0	6,1	19	5	1	26,3	7,1

Die kurzgestielten Drüsenhaare auf der Blattober- und Blattunterseite

Düngestufe	Oberseite					Unterseite				
	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$t_{\bar{x}\Sigma\bar{x}}$	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$t_{\bar{x}\Sigma\bar{x}}$
A/1	4	2	0,5	50,0	2,2	10	3	0,5	30,0	1,4
A/2	6	2	0,5	33,3	1,8	9	2	0,5	22,2	3,0
A/3	5	3	0,5	60,0	0	10	2	0,5	20,0	1,8
A/4	7	3	0,5	42,8	3,0	19	5	1	26,3	7,2
B/1	4	2	0,5	50,0	1,8	7	4	1	57,1	4,4
B/2	4	1	0,5	25,0	2,2	10	3	0,5	30,0	1,2
B/3	7	4	1	57,1	2,3	17	3	0,5	17,6	7,5
B/4	7	3	0,5	42,8	3,6	12	4	1	33,3	1,2
B/5	7	4	1	57,1	2,8	13	4	1	30,7	2,5
C/1	4	2	0,5	50,0	2,2	11	2	0,5	18,1	0
C/2	5	2	0,5	40,0	0	13	2	0,5	15,4	3,6
C/3	4	2	0,5	50,0	1,8	10	4	1	40,0	1,1
C/4	4	2	0,5	50,0	2,2	10	4	1	40,0	1,2
C/5	3	2	0,5	66,6	4,4	7	5	1	71,4	4,4

Tabelle 8: Kultur in Mitscherlichtöpfen 1960. Sippe 03.

Die biometrischen Werte der Gliederhaare ohne Köpfchen und der kurzgestielten Drüsenhaare.

Düngestufe	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$t_{\bar{x}\Sigma\bar{x}}$
A/1	1890	57	28	3,0	3,6
A/2	2590	49	35	1,8	7,6
A/3	2440	150	75	6,1	3,7
A/4	2020	145	103	5,0	0,9
B/1	2250	96	68	4,2	1,8
B/2	1940	104	74	5,3	1,8
B/3	2010	67	47	3,3	1,2
B/4	2330	37	18	1,5	4,2
B/5	2540	128	64	5,3	5,3
C/1	1910	134	67	7,0	2,2
C/2	1920	102	51	5,3	2,4
C/3	1870	76	54	4,0	3,2
C/4	1885	80	40	4,2	3,3
C/5	1860	168	84	9,0	2,4

Tabelle 9: Kultur in Mitscherlichtöpfen 1960. Sippe 03. Die biometrischen Werte der Palisadenparenchymzellen.

Düngestufe	Pflanze	Stomata o	Stomata u	G m k o	G m k u	G o k o	G o k u	K D r o	K D r u	Palisaden	Epidermis o	Epidermis u	U:O
A/1	1.	22	177	11	15	10	25	5	11	1890	530	654	8,0
	2.	23	171	3	7	20	28	5	8	1813	530	615	7,4
	3.	21	172	3	12	19	25	4	11	1942	511	597	8,2
	4.	21	170	5	10	18	31	3	11	1926	500	584	8,0
A/2	1.	20	147	6	6	35	42	6	9	2610	522	646	7,3
	2.	21	149	7	6	32	40	5	6	2540	564	630	7,1
	3.	20	147	6	12	30	39	6	12	2630	545	637	7,3
A/3	1.	20	168	6	9	41	38	8	11	2523	533	610	8,4
	2.	19	160	6	9	27	25	3	9	2337	477	590	8,4
	3.	20	164	2	3	29	40	5	9	2605	528	577	8,2
	4.	21	167	10	18	17	46	3	10	2291	466	588	7,9
A/4	1.	27	151	5	8	18	26	10	24	1980	577	603	5,6
	2.	23	145	4	10	11	16	4	15	1830	462	541	6,3
	3.	24	148	10	11	18	38	6	18	2250	601	603	6,1
B/1	1.	19	134	6	6	12	22	3	6	2335	468	581	7,0
	2.	20	141	12	12	29	36	5	6	2145	438	568	7,0
	3.	15	132	5	9	39	38	4	10	2273	480	579	8,8
B/2	1.	14	124	12	10	20	24	4	12	2061	492	595	8,8
	2.	14	123	9	9	19	24	3	8	1871	473	586	8,8
	3.	12	119	6	15	12	14	4	10	1902	464	588	9,9
B/3	1.	15	130	5	8	26	39	6	20	1951	473	586	8,6
	2.	14	131	4	7	27	32	6	15	2080	477	570	9,2
	3.	19	126	3	9	26	33	10	17	2017	473	568	6,6
B/4	1.	15	140	2	6	30	39	5	9	2362	493	588	9,2
	2.	14	141	2	5	32	36	6	9	2327	458	579	10,0
	3.	15	148	5	11	39	47	9	15	2322	493	575	9,8
	4.	14	146	4	8	25	38	8	15	2297	487	577	10,4
B/5	1.	15	146	3	7	18	25	3	14	2353	508	597	9,0
	2.	18	150	2	7	22	26	4	14	2587	495	586	8,3
	3.	20	145	4	4	25	28	13	13	2615	504	592	7,2
	4.	17	149	4	7	29	26	9	13	2598	502	590	8,7

Tabelle 10: Kultur in Mitscherlichtöpfen 1960. Sippe 03.
Die Anzahl der Stomata, Palisaden und Trichome pro mm^2

Düngestufe	Pflanze	Stomata o	Stomata u	G m k o	G m k u	G o k o	G o k u	K D r o	K D r u	Palisaden	Epidermis o	Epidermis u	U:O
C/1	1.	16	120	18	21	5	11	3	8	1716	482	566	7,
	2.	15	128	8	11	21	30	4	10	1935	519	572	8,
	3.	14	129	7	9	37	44	5	13	2016	506	557	9,
	4.	15	127	7	9	20	30	6	13	1970	525	569	8,
C/2	1.	14	129	4	15	36	40	6	10	1977	502	570	9,
	2.	14	129	3	8	15	26	6	15	1807	475	550	9,
	3.	18	123	8	4	13	32	3	15	1883	504	544	6,
	4.	16	127	5	13	20	35	4	14	2030	484	570	7,
C/3	1.	14	118	7	10	19	18	3	6	1790	466	546	8,
	2.	14	121	4	12	26	28	5	15	1871	468	557	8,
	3.	12	122	2	5	21	26	5	8	1947	471	548	10,
C/4	1.	15	117	5	10	26	29	3	6	2008	460	537	7
	2.	15	118	2	5	18	28	5	11	1857	438	557	7
	3.	14	118	2	4	19	26	3	10	1840	495	559	8
	4.	12	119	9	11	15	23	6	12	1836	469	553	9
C/5	1.	14	110	11	20	14	15	4	6	2017	451	555	7
	2.	12	112	6	10	20	18	4	9	1620	420	535	8
	3.	14	110	11	16	11	20	3	5	1930	449	548	7
	4.	14	110	8	10	15	25	2	6	1872	444	539	7

Tabelle 11 : Kultur in Mitscherlichtöpfen 1960. Sippe 03.
Die Anzahl der Stomata, Palisaden und Trichome pro mm^2

Düngestufe	Pflanze	Stoma-Index o	Stoma-Index u	Gmk-Index o	Gmk-Index u	Gok-Index o	Gok-Index u	KDr-Index o	KDr-Index u	Palisaden-Index	Blattfläche mm^2
A/1	1.	3,9	21,3	1,9	1,8	1,8	3,0	0,9	1,3	34,2	5325
	2.	4,1	21,5	0,5	0,9	3,6	3,6	0,9	1,0	32,8	6035
	3.	3,9	22,3	0,5	1,5	3,3	3,2	0,7	1,4	36,4	6755
	4.	4,0	22,5	0,9	1,3	3,4	4,1	0,5	1,4	36,9	5325
A/2	1.	3,7	18,5	1,1	0,7	6,4	5,3	1,1	1,1	48,1	3600
	2.	3,6	19,1	1,2	0,7	5,8	5,5	0,8	0,8	43,4	3660
	3.	3,5	18,7	1,1	1,5	5,2	5,6	1,1	1,5	46,5	2970
A/3	1.	3,6	21,6	1,0	1,1	7,4	4,7	1,4	1,4	45,8	4255
	2.	3,8	21,3	1,2	1,3	5,4	3,2	0,6	1,2	46,7	5725
	3.	3,6	22,1	0,3	0,4	5,2	5,2	0,9	1,2	47,3	3270
	4.	4,3	22,1	2,1	2,2	3,4	6,0	0,6	1,2	47,0	6360
A/4	1.	4,4	20,0	0,7	1,0	3,0	3,3	1,6	3,0	33,0	5505
	2.	4,8	21,1	0,8	1,4	1,7	2,3	0,8	2,1	37,7	6855
	3.	3,8	19,7	1,6	1,4	2,8	5,0	0,9	2,4	36,1	5400
B/1	1.	3,9	18,7	1,2	0,8	2,5	3,0	0,6	0,8	47,6	3480
	2.	4,0	19,8	2,4	1,7	5,8	5,0	1,0	0,8	43,0	2505
	3.	3,0	18,6	1,0	1,3	7,8	5,4	0,8	1,4	45,4	2475
B/2	1.	2,7	17,2	2,3	1,4	3,9	3,3	0,8	1,6	40,7	6600
	2.	2,7	17,3	1,9	1,3	3,8	3,4	0,6	1,1	38,7	6300
	3.	2,3	16,8	1,2	2,1	2,2	2,0	0,8	1,4	40,0	5985
B/3	1.	3,0	18,1	1,0	1,3	5,2	5,7	1,2	2,9	40,0	6310
	2.	2,8	18,7	0,8	1,0	5,4	4,5	1,2	2,1	42,4	7465
	3.	3,8	18,1	0,6	1,3	5,2	4,7	2,0	2,4	41,1	6210
B/4	1.	2,9	19,3	0,4	0,8	6,0	5,5	1,0	1,2	46,5	5580
	2.	3,0	19,5	0,4	0,7	6,0	5,1	1,3	1,3	49,3	5590
	3.	2,9	20,4	1,0	1,5	7,8	6,5	1,8	2,0	45,7	5195
	4.	2,8	20,1	0,8	1,1	5,0	5,4	1,6	2,1	45,9	5610
B/5	1.	2,8	19,6	0,5	0,9	3,4	3,3	0,5	1,9	45,0	7435
	2.	3,5	20,3	0,3	0,9	4,3	3,5	0,8	1,9	50,4	7980
	3.	3,8	19,7	0,7	0,5	4,7	3,7	2,4	1,7	50,0	5685
	4.	3,2	20,1	0,7	0,9	5,5	3,4	1,7	1,7	50,0	6340

Tabelle 12 : Kultur in Mitscherlichtöpfen 1960. Sippe 03.
Die Indices der Stomata, Palisaden und Trichome

Düngestufe	Pflanze	Stoma-Index o	Stoma-Index u	Gmk-Index o	Gmk-Index u	Gok-Index o	Gok-Index u	KDr-Index o	KDr-Index u	Palisaden-Index	Blattfläche mm²
C/1	1.	3,2	17,5	3,6	3,1	1,0	1,6	0,6	1,1	34,3	7700
	2.	2,8	18,3	1,5	1,5	3,9	4,3	0,7	1,4	36,1	7370
	3.	2,7	18,8	1,3	1,3	7,1	6,3	0,9	1,8	38,7	4075
	4.	2,7	18,2	1,3	1,3	3,7	4,2	1,0	1,7	36,5	7210
C/2	1.	2,7	18,4	0,7	2,1	6,9	5,7	1,1	1,9	38,3	6775
	2.	2,8	18,9	0,6	1,1	3,1	3,8	1,2	2,2	36,8	8365
	3.	3,4	18,4	1,5	0,6	2,5	4,8	0,6	2,2	36,0	7960
	4.	3,2	18,2	1,0	1,8	4,0	5,0	0,8	2,0	40,6	6465
C/3	1.	2,9	17,8	1,4	1,6	3,8	2,7	0,6	0,8	37,3	8705
	2.	2,9	17,9	0,8	1,7	5,3	4,1	1,0	2,1	38,2	7250
	3.	2,4	18,2	0,4	0,7	4,2	3,7	1,0	1,2	40,0	8815
C/4	1.	3,1	17,8	1,0	1,5	5,4	4,4	0,6	0,9	42,2	8135
	2.	3,3	17,4	0,4	0,7	4,0	4,2	1,1	1,6	41,2	858C
	3.	2,7	17,4	0,4	0,6	3,7	3,8	0,6	1,4	36,0	6595
	4.	2,4	17,7	1,8	1,6	3,1	3,4	1,2	1,7	38,2	664C
C/5	1.	3,0	16,5	2,4	3,0	3,0	2,2	0,9	0,9	43,4	620C
	2.	2,7	17,3	1,3	1,5	4,6	2,7	0,9	1,4	37,5	684C
	3.	3,0	16,7	2,4	2,4	2,4	3,0	0,6	0,7	42,3	807C
	4.	3,0	16,9	1,7	1,5	3,2	3,8	0,4	0,9	40,8	555C

Tabelle 13 : Kultur in Mitscherlichtöpfen 1960. Sippe 03.
Die Indices der Stomata, Palisaden und Trichome

Die Abbildungen zeigen deutlich, daß die Pflanzen der Düngestufe B/1 mit der niedrigsten Phosphatgabe (0,5 g P_2O_5 pro Mitscherlichtopf) als Hungerpflanzen anzusehen sind. Die Pflanzen der Düngestufe B/2 (1,0 g P_2O_5 pro Mitscherlichtopf) erreichen dagegen schon eine ansehnliche Größe.

2. Der Feldversuch 1960

Vom 5.7.1960 bis 20.7.1960 wurden die anatomischen Untersuchungen an den Pflanzen der Sippe 09, welche auf den verschieden gedüngten Parzellen des Feldversuchs aufgewachsen waren, vorgenommen. Auf jeder Parzelle wurde von 3 Pflanzen das 7. und 8. Blatt in basipetaler Folge entnommen. Es wurden also, da jede Düngungsart mit 4 Parzellen auf dem Feld vertreten war, pro Düngungsart 12 Blattpaare untersucht. Da an jedem Blatt 4 Stellen untersucht wurden, ergaben sich für jedes Merkmal 96 Meßwerte (siehe Seite 22).

Düngung	Stomata o	Stomata u	Gmk o	Gmk u	Gok o	Gok u	KDr o	KDr u	Palisaden	U:O
Ungedüngt (Parz.1)	40	120	1	6	12	13	3	9	1490	2,9
NPK (Parz.2)	40	130	1	5	11	12	2	7	1610	3,2
N_2PK (Parz.3)	50	168	2	6	12	13	2	6	1740	3,3
NP_2K (Parz.4)	43	151	2	7	13	14	2.	7	1670	3,5
NPK_2 (Parz.5)	41	145	1	5	12	13	3	7	1480	3,4
2NPK (Parz.6)	41	156	1	7	14	13	2	6	1600	3,7
Gesamtmittel	42	145	1	6	12	13	2	7	1600	3,3

Tabelle 14: Feldversuch 1960. Sippe 09.
Die Anzahl der Stomata, Palisadenparenchymzellen und Trichome pro mm^2.
Mittelwerte aus den je 4 Parzellen gleicher Düngung.

Betrachtet man die Zahlenwerte pro mm^2 der Stomata, Palisaden und Trichome, so fällt auf, daß alle Pflanzen eine sehr einheitliche Behaarung der Blätter aufweisen. Die Werte der Gliederhaare mit Köpfchen auf Blattober- und Blattunterseite

zeigen nur sehr geringe Schwankungen, wenig größer sind die Unterschiede bei den Gliederhaaren ohne Köpfchen. Die Unterschiede in der Behaarung mit kurzgestielten Drüsenköpfchen sind ebenfalls gering.

In keinem Fall jedoch sind signifikante Unterschiede in der Behaarung nachzuweisen (siehe Tabelle 16 + 17).

Die Anzahl der oberseitigen Stomata:

Die Anzahl der oberseitigen Stomata pro mm^2 ist bei den Pflanzen der ungedüngten Parzellen und der Parzellen mit der einfachen Grunddüngung NPK gleich. Ein beträchtlicher Anstieg erfolgt bei den Pflanzen mit der doppelten Stickstoffdüngung N_2PK. Die Pflanzen der Parzellen 4 (NP_2K), 5 (NPK_2) und 6 (2NPK) weisen dagegen nur um sehr wenig höhere Zahlenwerte auf. Bei den Pflanzen der Parzelle 3 (N_2PK) zeigt der Zahlenwert der oberseitigen Stomata eine signifikante Erhöhung.

Die Anzahl der unterseitigen Stomata:

Hier ist bei den Pflanzen der Parzellen 2 (NPK) gegenüber den Pflanzen der ungedüngten Parzellen schon ein Anstieg zu verzeichnen, ein noch größerer Anstieg aber bei den Pflanzen von Parzelle 3 (N_2PK). Mit 168 Stomata pro Quadratmillimeter erreichen sie die höchste Anzahl unterseitiger Stomata überhaupt.

Die Werte der Pflanzen der Parzellen 4 bis 6 liegen dazwischen, wobei die Pflanzen mit der Düngung NPK_2 von der Parzelle 5 den von diesen kleinsten Wert aufweisen.

Die Anzahl der unterseitigen Spaltöffnungen pro Quadratmillimeter ist bei allen gedüngten Pflanzen wesentlich höher als bei den ungedüngten. Am stärksten ist die Zunahme bei der doppelten Stickstoffdüngung N_2PK und bei der Düngung 2NPK, also jeweils bei der doppelten Stickstoffgabe.

Diese Unterschiede sind signifikant (siehe Tabelle 16).

Das Verhältnis $\frac{\text{Stomata unterseits}}{\text{Stomata oberseits}}$ weist bei allen gedüngten Pflanzen höhere Werte auf als bei den ungedüngten. Das entspricht der starken Zunahme der unterseitigen Stomata

bei Düngung, während die Anzahl der oberseitigen Spaltöffnungen, ausgenommen bei der Düngung N_2PK, nur geringe Unterschiede aufweist.

Die Anzahl der Palisadenparenchymzellen:

Die Zahl der Palisadenzellen ist bei allen gedüngten Pflanzen, ausgenommen die Pflanzen mit der doppelten Kalidüngung NPK_2, beträchtlich höher als bei den ungedüngten. Am höchsten ist sie bei den Pflanzen, welche doppelte Stickstoffdüngung (N_2PK) erhalten haben. - Die Anzahl der Palisaden pro mm^2 ist bei den Pflanzen der Parzelle 5 (NPK_2) signifikant niedriger als das entsprechende arithmetische Mittel (siehe Tabelle 17).

Düngung	S t o m a - Index o	u	G m k - Index o	u	G o k - Index o	u	K D r - Index o	u	Palisaden-Index
Ungedüngt (Parz.1)	7,9	18,1	0,2	0,9	2,4	1,9	0,5	1,0	30,1
NPK (Parz.2)	7,9	19,4	0,2	0,8	2,2	1,8	0,3	1,0	31,4
N_2PK (Parz.3)	9,9	24,1	0,5	0,9	2,4	1,8	0,5	0,9	34,4
NP_2K (Parz.4)	8,4	21,6	0,3	0,9	2,5	1,8	0,4	1,0	33,2
NPK_2 (Parz.5)	7,6	22,4	0,1	0,8	2,1	1,8	0,4	1,1	26,8
2NPK (Parz.6)	7,9	23,9	0,2	1,1	2,6	1,8	0,4	0,9	30,0

Tabelle 15: Feldversuch 1960. Sippe 09.
Die Indices der Stomata, Palisadenparenchymzellen und Trichome.
Mittelwerte aus den je 4 Parzellen gleicher Düngung.

Die Indices der Stomata, Trichome und Palisaden verändern sich gleichsinnig mit den Zahlenwerten pro Quadratmillimeter bei verschieden gedüngten Pflanzen. Daraus geht hervor, daß die Anzahl von Epidermiszellen bei gedüngten und ungedüngten Pflanzen nicht sehr verschieden sein kann.

Clement fand bei der Untersuchung verschiedener Herkünfte von Digitalis purpurea, daß zwischen den einzelnen Herkünften fast die gleichen Unterschiede in den absoluten Zahlen und in den Salisbury-Indices der Stomata bestehen.

Die Spaltöffnungen auf der Blattober- und Blattunterseite

Düngung	Oberseite					Unterseite				
	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$t_{\bar{x}\Sigma\bar{x}}$	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$t_{\bar{x}\Sigma\bar{x}}$
0	40	4	0,5	10,0	3,0	120	11	1	9,2	18,5
NPK	40	5	0,5	12,5	2,8	130	8	1	6,1	13,6
N_2PK	50	6	1,0	12,0	10,0	168	7	1	4,2	23,0
NP_2K	43	5	0,5	11,6	1,4	151	6	1	3,9	6,3
NPK_2	41	4	0,5	9,3	1,5	145	6	1	4,1	0
2NPK	41	3	0,5	7,3	1,5	156	7	1	4,5	11,0

Die Gliederhaare mit Köpfchen auf der Blattober- und Blattunterseite

Düngung	Oberseite					Unterseite				
	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$t_{\bar{x}\Sigma\bar{x}}$	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$t_{\bar{x}\Sigma\bar{x}}$
0	1	2	0	200,0	0	6	4	0,5	66,6	0
NPK	1	1	0	100,0	0	5	4	0,5	80,0	1,8
N_2PK	2	2	0	100,0	3,3	6	4	0,5	66,6	0
NP_2K	2	2	0	100,0	3,3	7	4	0,5	57,1	1,8
NPK_2	1	2	0	200,0	0	5	3	0,5	60,0	2,2
2NPK	1	1	0	100,0	0	7	3	0,5	42,8	2,2

Die Gliederhaare ohne Köpfchen auf der Blattober- und Blattunterseite

Düngung	Oberseite					Unterseite				
	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$t_{\bar{x}\Sigma\bar{x}}$	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$t_{\bar{x}\Sigma\bar{x}}$
0	12	4	0,5	33,3	0	13	5	0,5	46,1	0
NPK	11	4	0,5	36,4	2,2	12	4	0,5	33,3	1,8
N_2PK	12	4	0,5	33,3	0	13	4	0,5	30,7	0
NP_2K	13	3	0,5	23,0	2,2	14	4	0,5	28,5	1,8
NPK_2	12	3	0,5	25,0	0	13	4	0,5	30,7	0
2NPK	14	3	0,5	21,4	4,4	13	3	0,5	23,0	0

Tabelle 16: Feldversuch 1960. Sippe 09.

Die biometrischen Werte der Spaltöffnungen und der Gliederhaare.

Die kurzgestielten Drüsenhaare auf der Blattober- und Blattunterseite

Düngung	Oberseite					Unterseite				
	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$t_{\bar{x}\Sigma\bar{x}}$	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$t_{\bar{x}\Sigma\bar{x}}$
0	3	2	0,2	66,6	3,3	9	4	0,5	44,4	3,6
NPK	2	2	0,2	100,0	0	7	2	0,2	28,5	0
N_2PK	2	2	0,2	100,0	0	6	2	0,2	33,3	3,3
NP_2K	2	2	0,2	100,0	0	7	3	0,5	42,8	0
NPK_2	3	2	0,2	66,6	3,3	7	3	0,5	42,8	0
2NPK	2	2	0,2	100,0	0	6	3	0,5	50,0	2,2

Die Palisadenparenchymzellen

Düngung	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$t_{\bar{x}\Sigma\bar{x}}$
0	1490	105	30	7,0	2,9
NPK	1610	90	25	5,6	0,5
N_2PK	1740	90	25	5,2	4,4
NP_2K	1670	52	15	3,1	2,8
NPK_2	1480	48	13	3,2	5,1
2NPK	1600	35	10	2,2	0

Tabelle 17: Feldversuch 1960. Sippe 09.
Die biometrischen Werte der kurzgestielten Drüsenhaare und der Palisadenparenchymzellen.

Par-zelle	Pflan-ze	Stomata o	Stomata u	G m k o	G m k u	G o k o	G o k u	K DR o	K DR u	Pali-saden	Epidermis o	Epidermis u	U : O
1	1.	40	110	6	11	5	10	2	14	1606	496	572	2,7
unge-	2.	35	103	0	6	5	5	1	6	1332	382	477	2,9
düngt	3.	42	141	5	18	13	11	4	7	1707	504	521	3,3
1'	1.	41	116	0,5	5	15	18	1	10	1515	464	541	2,8
	2.	36	111	0	4	10	14	1	10	1448	422	482	3,0
	3.	42	127	4	12	12	16	6	16	1587	599	599	3,0
1''	1.	41	120	0	3	18	11	2	5	1508	440	555	2,9
	2.	42	120	0	0,5	20	15	3	10	1537	435	537	2,8
	3.	42	123	0	2	12	18	4	7	1478	432	537	2,9
1'''	1.	40	122	0	5	12	12	4	7	1557	462	579	3,0
	2.	39	129	1	5	13	8	6	6	1520	431	588	3,2
	3.	39	119	0	4	12	16	2	6	1548	457	508	3,0
Mittelwert		40	120	1	6	12	13	3	9	1490			2,9

Par-zelle	Pflan-ze	Stomata o	Stomata u	G M K o	G M K u	G o k o	G o k u	K Dr o	K Dr u	Pali-saden	Epidermis o	Epidermis u	U : O
2	1.	35	120	2	11	11	11	1	5	16o6	360	497	3,4
NPK	2.	35	120	1	4	9	11	1	9	1502	426	433	3,4
	3.	40	134	1	4	11	15	1	9	1537	426	479	3,3
2'	1.	44	138	1	4	18	18	1	9	1672	574	586	3,1
	2.	41	136	0	4	11	14	2	8	1703	522	530	3,3
	3.	44	131	0	5	14	14	3	7	1818	541	581	3,0
2''	1.	42	125	0	5	15	16	2	6	1561	501	572	2,9
	2.	39	133	2	6	10	7	1	6	1561	484	552	3,4
	3.	46	132	1	11	13	12	3	7	1540	509	544	2,9
2'''	1.	41	132	1	7	9	9	3	5	1643	477	544	3,2
	2.	39	133	1	2	7	9	2	6	1620	488	592	3,4
	3.	40	132	5	4	9	10	2	5	1610	427	579	3,3
Mittelwert		40	130	1	5	11	12	2	7	1610			3,2

Tabelle 18 u. Tabelle 19: Feldversuch 1960. Sippe 09
Die Anzahl der Stomata, Palisaden und Trichome

Obere Tabelle: Werte der ungedüngten Pflanze
Untere Tabelle: Werte der Pflanze mit der Düngung NPK

Parzelle	Pflanze	Stomata o	Stomata u	G m k o	G m k u	G o k o	G o k u	K o	Dr u	Palisaden	Epidermis o	Epidermis u	U : O
3	1.	61	169	2	10	18	14	4	8	1928	466	566	2,7
N_2PK	2.	58	169	6	10	15	18	6	11	1926	435	515	2,9
	3.	52	170	0	2	16	15	1	8	1734	431	561	3,3
3'	1.	48	164	1	4	14	14	2	7	1747	440	479	3,4
	2.	50	164	2	8	14	12	1	5	1748	448	486	3,3
	3.	47	168	1	10	12	9	1	5	1736	471	506	3,5
3''	1.	47	166	1	5	15	10	1	6	1641	466	530	3,5
	2.	44	172	3	10	8	12	4	5	1690	464	522	3,9
	3.	48	164	6	10	7	7	2	4	1690	480	508	3,4
3'''	1.	51	168	2	4	10	15	2	6	1719	479	557	3,3
	2.	50	169	5	2	11	16	4	6	1665	450	550	3,3
	3.	49	168	1	1	10	15	3	7	1714	457	555	3,4
Mittelwert		50	168	2	6	12	13	2	6	1740			3,3

Parzelle	Pflanze	Stomata o	Stomata u	G m k o	G m k u	G o k o	G o k u	K o	Dr u	Palisaden	Epidermis o	Epidermis u	U : O
4	1.	42	151	1	8	14	13	3	9	1697	425	552	3,5
NP_2K	2.	40	158	7	9	17	15	7	15	1674	4o7	597	3,9
	3.	43	151	1	11	16	15	4	9	1694	451	530	3,5
4'	1.	42	150	0	1	14	17	2	5	1685	479	546	3,5
	2.	45	149	2	7	11	11	1	5	1678	473	497	3,3
	3.	45	151	0	3	15	16	2	5	1650	477	488	3,3
4''	1.	45	150	0	4	11	11	1	5	1583	475	557	3,3
	2.	44	151	5	11	12	12	3	7	1606	493	570	3,4
	3.	45	150	3	8	14	14	2	8	1673	486	586	3,3
4'''	1.	41	151	1	4	12	16	2	8	1705	451	522	3,6
	2.	41	151	1	5	10	14	2	6	1712	462	540	3,6
	3.	40	153	2	10	12	10	2	6	1678	449	530	3,8
Mittelwert		43	151	2	7	13	14	2	7	1670			3,5

Tabelle 20 u. Tabelle 21: Feldversuch 1960. Sippe 09.
Die Anzahl der Stomata, Palisaden und Trichome pro mm^2

Obere Tabelle: Werte der Pflanze mit der Düngung N_2PK
Untere Tabelle: Werte der Pflanze mit der Düngung NP_2K

Par-zelle	Pflan-ze	Stomata o	Stomata u	G m k o	G m k u	G o k o	G o k u	K o	Dr u	Pali-saden	Epidermis o	Epidermis u	U : O
- 5	1.	42	144	0	3	7	5	0	5	1429	440	464	3,2
NPK_2	2.	40	144	0	3	14	10	1	10	1452	511	460	3,6
	3.	41	142	0	4	13	11	3	6	1460	442	484	3,4
5'	1.	42	144	1	5	12	12	2	6	1482	535	515	3,2
	2.	42	147	0	9	10	14	1	6	1491	557	506	3,5
	3.	43	145	0	7	10	12	1	6	1410	546	475	3,3
5''	1.	43	147	1	1	15	20	6	11	1537	557	508	3,4
	2.	42	146	5	8	14	16	4	6	1480	552	515	3,4
	3.	42	149	0	3	12	16	10	7	1561	539	528	3,5
5'''	1.	41	143	0	12	10	13	3	9	1546	522	528	3,4
	2.	40	146	1	2	12	11	1	6	1466	489	508	3,6
	3.	40	142	0	7	13	12	1	8	1420	462	513	3,5
Mittelwert		41	145	1	5	12	13	3	7	1480			3,4

Par-zelle	Pflan-ze	Stomata o	Stomata u	G m k o	G m k u	G o k o	G o k u	K o	Dr u	Pali-saden	Epidermis o	Epidermis u	U : O
6	1.	42	167	1	3	14	16	2	13	1595	431	519	3,9
2NPK	2.	42	160	0	7	16	10	1	6	1608	444	508	3,8
	3.	40	160	0	3	10	15	2	9	1563	429	484	4,0
6'	1.	42	157	0	5	15	10	4	4	1632	506	513	3,7
	2.	41	153	0	11	14	15	3	4	1674	528	497	3,7
	3.	41	150	0	8	12	14	2	5	1645	495	468	3,6
6''	1.	42	154	1	6	15	17	1	5	1612	515	500	3,6
	2.	41	154	1	10	20	12	6	5	1570	519	486	3,7
	3.	41	152	2	9	13	12	2	5	1606	516	495	3,7
6'''	1.	40	152	1	5	15	10	1	7	1573	460	488	3,8
	2.	40	155	3	10	13	17	3	8	1582	464	495	3,8
	3.	41	158	3	10	12	9	4	7	1555	486	511	3,8
Mittelwert		41	156	1	7	14	13	2	6	1600			3,7

Tabelle 22 u. Tabelle 23: Feldversuch 1960. Sippe 09.
Die Anzahl der Stomata, Palisaden und Trichome pro mm^2

Obere Tabelle: Werte der Pflanze mit der Düngung NPK_2
Untere Tabelle: Werte der Pflanze mit der Düngung 2NPK

Parzelle	Pflanze	Stoma-Index o	Stoma-Index u	Gmk-Index o	Gmk-Index u	Gok-Index o	Gok-Index u	KDr-Index o	KDr-Index u	Palisaden-Index	Blattfläche mm²
1	1.	7,5	16,1	1,1	1,6	0,9	1,4	0,4	2,0	29,9	13040
unge-	2.	6,8	17,7	0	1,0	0,9	0,8	0,2	1,0	26,0	13530
düngt	3.	7,6	21,3	0,9	2,7	2,3	1,6	0,7	1,0	31,2	14820
1'	1.	8,1	17,6	0,1	0,8	3,0	2,7	0,2	1,5	30,0	14230
	2.	7,8	18,7	0	0,7	2,1	2,3	0,2	1,6	30,9	16900
	3.	6,6	17,5	0,6	1,6	1,9	2,2	0,9	1,6	24,5	14030
1''	1.	8,5	17,7	0	0,5	3,7	1,6	0,4	0,7	31,3	16870
	2.	8,8	18,2	0	0,1	4,1	2,3	0,6	1,5	32,2	15840
	3.	8,8	18,6	0	0,3	2,5	2,7	0,8	1,0	31,1	19510
1'''	1.	7,9	17,4	0	0,7	2,4	1,7	0,8	1,0	31,0	19450
	2.	8,3	18,0	0,2	0,7	2,7	1,1	1,2	0,8	32,3	16570
	3.	7,8	18,9	0	0,6	2,4	2,5	0,4	0,9	31,2	19160
Mittelwert:		7,9	18,1	0,2	0,9	2,4	1,9	0,5	1,0	30,1	

Parzelle	Pflanze	Stoma-Index o	Stoma-Index u	Gmk-Index o	Gmk-Index u	Gok-Index o	Gok-Index u	KDr-Index o	KDr-Index u	Palisaden-Index	Blattfläche mm²
2	1.	8,8	19,4	0,5	1,7	2,7	1,7	0,2	0,8	40,0	20440
NPK	2.	7,6	21,7	0,2	0,7	1,9	2,0	0,2	1,6	32,5	18510
	3.	8,5	21,8	0,2	0,6	2,3	2,5	0,2	1,5	33,0	17170
2'	1.	7,2	19,0	0,1	0,5	3,0	2,5	0,1	1,2	27,1	20500
	2.	7,3	20,4	0	0,6	1,9	2,1	0,3	1,1	30,2	16920
	3.	7,5	18,4	0	0,7	2,3	2,0	0,5	1,0	31,0	19830
2''	1.	7,7	17,9	0	0,7	2,9	2,3	0,3	0,8	28,7	20540
	2.	7,4	19,4	0,3	0,8	1,9	1,0	0,2	0,9	29,8	17610
	3.	8,3	19,5	0,2	1,6	2,3	1,7	0,5	1,0	27,7	19210
2'''	1.	7,9	19,5	0,2	1,0	1,8	1,3	0,5	0,7	31,7	25080
	2.	7,4	18,3	0,2	0,2	1,3	1,2	0,3	0,8	30,7	19270
	3.	8,5	18,5	1,0	0,5	1,9	1,4	0,4	0,7	34,4	20540
Mittelwert:		7,9	19,4	0,2	0,8	2,2	1,8	0,3	1,0	31,4	

Tabelle 24 u. Tabelle 25: Feldversuch 1960. Sippe 09.
Die Indices der Stomata, Palisaden und Trichome

Obere Tabelle: Werte der ungedüngten Pflanze
Untere Tabelle: Werte der Pflanze mit der Düngung NPK

Parzelle	Pflanze	Stoma-Index o	Stoma-Index u	Gmk-Index o	Gmk-Index u	Gok-Index o	Gok-Index u	KDr-Index o	KDr-Index u	Palisaden-Index	Blattfläche mm^2
3	1.	11,5	23,0	0,4	1,3	3,4	1,9	0,7	1,0	36,6	18030
(N_2PK)	2.	11,7	24,7	1,2	1,4	3,0	2,6	1,2	1,6	39,0	16990
	3.	10,7	23,2	0	0,3	3,3	2,0	0,2	1,0	35,9	20340
3'	1.	9,8	25,5	0,2	0,6	2,8	2,1	0,4	1,0	35,8	20520
	2.	9,9	25,2	0,4	1,2	2,8	1,8	0,2	0,7	35,0	16760
	3.	9,0	24,9	0,2	1,5	2,3	1,3	0,2	0,7	33,5	19280
3''	1.	9,2	23,8	0,2	0,7	2,9	1,4	0,2	0,8	32,0	18470
	2.	8,7	24,8	0,6	1,4	1,6	1,7	0,8	0,7	33,2	19670
	3.	9,1	24,4	1,1	1,4	1,3	1,0	0,3	0,6	32,0	22450
3'''	1.	9,6	23,1	0,3	0,6	2,0	2,0	0,3	0,8	32,4	24020
	2.	10,0	23,5	1,0	0,3	2,2	2,2	0,8	0,8	33,3	18760
	3.	9,7	23,2	2,0	0,1	2,0	2,0	0,6	0,9	34,0	19900
Mittelwert:		9,9	24,1	0,5	0,9	2,4	1,8	0,5	0,9	34,4	

Parzelle	Pflanze	Stoma-Index o	Stoma-Index u	Gmk-Index o	Gmk-Index u	Gok-Index o	Gok-Index u	KDr-Index o	KDr-Index u	Palisaden-Index	Blattfläche mm^2
4	1.	8,9	21,4	0,2	1,1	2,9	1,8	0,6	1,3	36,4	22010
(NP_2K)	2.	8,9	20,6	1,3	0,9	3,8	1,9	1,3	1,9	37,3	17980
	3.	8,5	22,1	0,2	1,5	3,2	2,2	0,8	1,3	33,8	19480
4'	1.	8,1	21,5	0	0,1	2,6	2,4	0,3	0,7	32,2	21980
	2.	8,7	23,0	0,3	1,0	1,5	1,7	0,1	0,7	32,4	22800
	3.	8,6	23,6	0	0,4	2,8	2,5	0,3	0,7	31,6	21320
4''	1.	8,6	21,2	0	0,5	2,0	1,6	0,2	0,7	30,4	18320
	2.	8,3	20,9	0,9	1,5	2,2	1,7	0,5	1,0	29,9	18880
	3.	8,5	20,4	0,5	1,1	2,6	1,9	0,3	1,1	31,5	21400
4'''	1.	8,3	22,4	0,2	0,6	2,4	2,3	0,4	1,2	34,6	25080
	2.	8,1	21,8	0,2	0,7	2,0	2,0	0,4	0,8	34,2	26100
	3.	8,1	22,4	0,4	1,4	2,4	1,4	0,4	0,8	34,2	21030
Mittelwert:		8,4	21,6	0,3	0,9	2,5	1,8	0,4	1,0	33,2	

Tabelle 26 u. Tabelle 27: Feldversuch 1960. Sippe 09.
Die Indices der Stomata, Palisaden und Trichome

Obere Tabelle: Werte der Pflanze mit der Düngung N_2PK
Untere Tabelle: Werte der Pflanze mit der Düngung NP_2K

Parzelle	Pflanze	Stoma-Index o	Stoma-Index u	Gmk-Index o	Gmk-Index u	Gok-Index o	Gok-Index u	KDr-Index o	KDr-Index u	Palisaden-Index	Blattfläche mm^2
5	1.	8,7	23,6	0	0,5	1,5	0,8	0	0,8	29,4	17670
(NPK_2)	2.	7,3	23,8	0	0,5	2,5	1,7	0,2	1,7	26,3	20150
	3.	8,5	22,7	0	0,6	2,7	1,7	0,6	1,0	30,2	16880
5'	1.	7,3	21,8	0,1	0,7	2,1	1,8	0,3	0,9	25,6	18970
	2.	7,0	22,5	0	1,3	1,7	2,1	0,1	0,9	24,8	17410
	3.	7,3	23,3	0	1,1	1,7	1,9	0,1	0,9	24,0	19440
5''	1.	7,2	22,4	0,1	0,1	2,5	3,0	1,0	1,7	25,6	16410
	2.	7,1	22,0	0,8	1,2	2,3	2,4	0,6	0,9	24,9	17030
	3.	7,4	22,0	0	0,4	2,0	2,3	1,6	1,0	26,8	16230
5'''	1.	7,3	21,3	0	1,8	1,8	1,9	0,5	1,5	27,3	22800
	2.	7,6	22,3	0,2	0,3	2,3	1,7	0,2	0,9	27,6	25100
	3.	7,9	21,6	0	1,0	2,6	1,8	0,2	1,2	28,4	24500
Mittelwert:		7,6	22,4	0,1	0,8	2,1	1,8	0,4	1,1	26,8	

Parzelle	Pflanze	Stoma-Index o	Stoma-Index u	Gmk-Index o	Gmk-Index u	Gok-Index o	Gok-Index u	KDr-Index o	KDr-Index u	Palisaden-Index	Blattfläche mm^2
6	1.	8,9	24,3	0,2	0,4	2,9	2,3	0,4	1,9	33,7	18210
(2NPK)	2.	8,6	23,9	0	1,0	3,2	1,4	0,2	0,9	33,1	17920
	3.	8,5	24,8	0	0,4	2,1	2,3	0,4	1,4	33,3	16780
6'	1.	7,7	23,4	0	0,7	2,7	1,5	0,7	0,6	29,7	20000
	2.	7,2	23,5	0	1,8	2,4	2,3	0,5	0,6	29,3	21200
	3.	7,6	24,2	0	1,3	2,2	2,2	0,3	0,8	30,6	25000
6''	1.	7,5	23,5	0,2	0,9	2,7	2,6	0,2	0,7	28,9	19520
	2.	7,3	24,0	0,2	1,5	3,5	1,8	1,0	0,7	28,0	23280
	3.	7,3	23,5	0,3	1,4	2,3	1,8	0,3	0,7	28,8	20920
6'''	1.	8,0	23,7	0,2	0,7	3,0	1,5	0,2	1,0	31,4	18310
	2.	7,9	23,8	0,6	1,5	2,5	2,6	0,6	1,2	31,3	20390
	3.	7,8	23,6	0,5	1,5	2,2	1,4	0,7	1,0	29,5	24260
Mittelwert:		7,9	23,9	0,2	1,1	2,6	1,8	0,4	0,9	30,0	

Tabelle 28 u. Tabelle 29: Feldversuch 1960. Sippe 09.
Die Indices der Stomata, Palisaden und Trichome

Obere Tabelle: Werte der Pflanze mit der Düngung NPK_2
Untere Tabelle: Werte der Pflanze mit der Düngung 2NPK

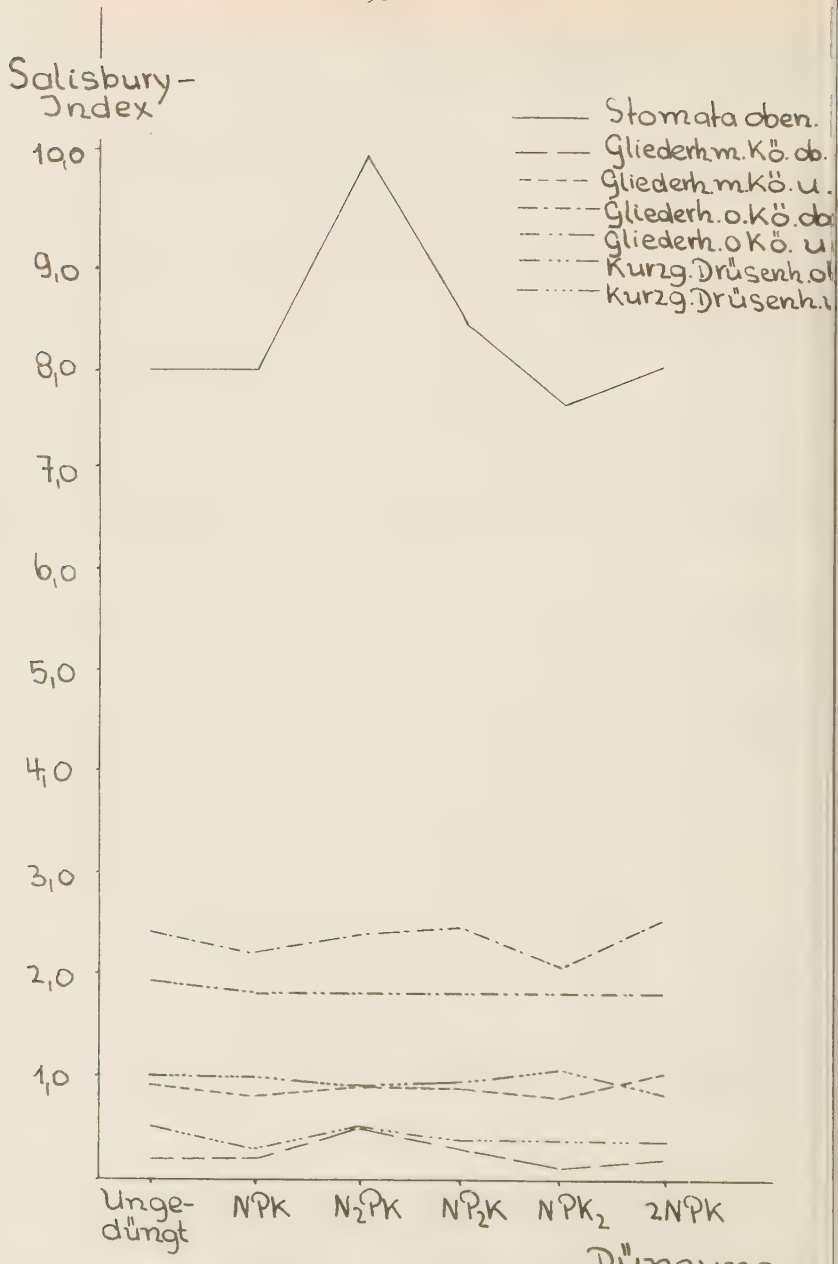

Abb. 16: Die Indices der Spaltöffnungen auf der Blattoberseite und die Indices der Trichome auf Blattober- und Blatt-unterseite bei verschieden gedüngten Pflanzen. Feldversuch 1960. Sippe 09.

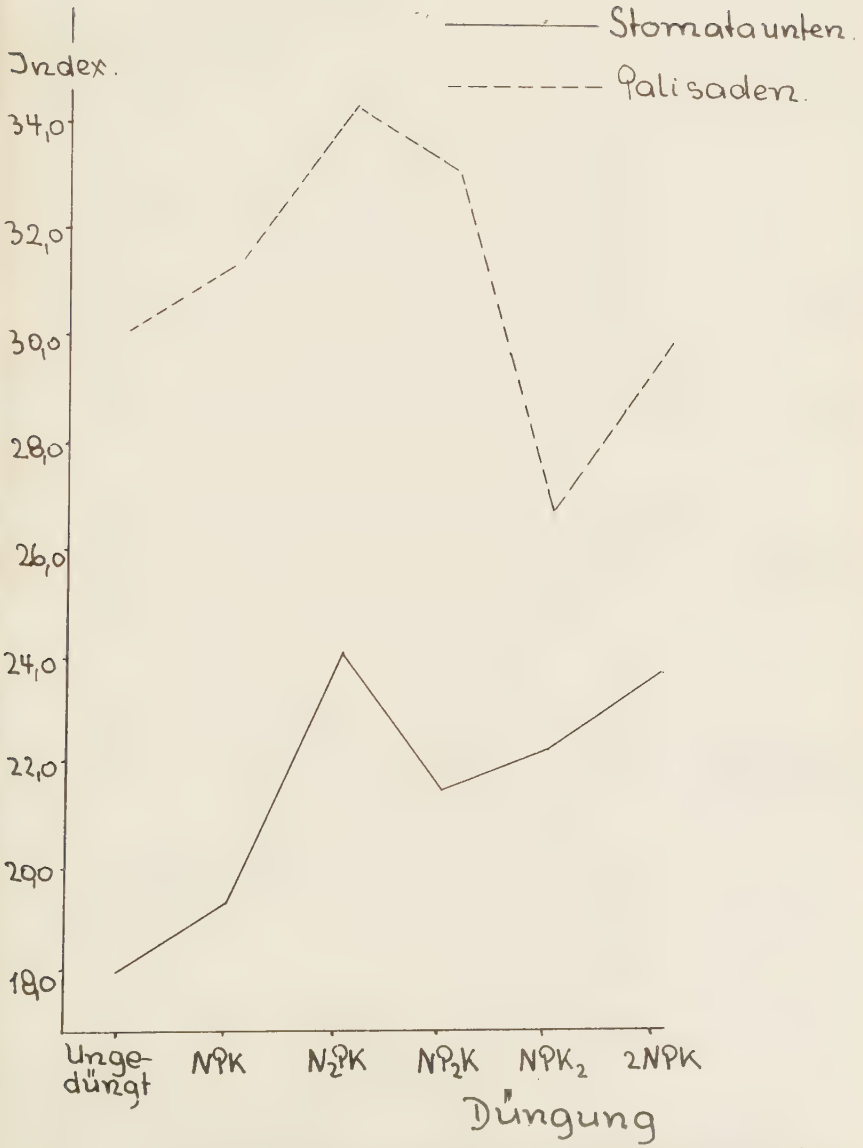

Abb. 17: Die Indices der Spaltöffnungen auf der Blattunterseite und die Indices der Palisadenparenchymzellen bei verschieden gedüngten Pflanzen.
Feldversuch 1960. Sippe 09.

Daß dies auch für Pflanzen einer Sippe gilt, welche unter verschiedenen Umweltbedingungen aufgewachsen sind, werde ich im Laufe der Untersuchungen noch öfter bestätigen können.

Abb. 16 zeigt, daß die Kurve der oberseitigen Spaltöffnungsindices zu ihrem höchsten Punkt bei der doppelten Stickstoffdüngung N_2PK steil ansteigt. Die Kurven der Indices der Trichome zeigen nur sehr geringe Schwankungen.

Die Kurven der unterseitigen Stomaindices und der Palisadenindices (siehe Abb. 17) zeigen zunächst einen übereinstimmenden Verlauf. Sie steigen von "Ungedüngt" über die Grunddüngung NPK zur doppelten Stickstoffdüngung N_2PK steil an. Beide fallen ab zur doppelten Phosphatdüngung NP_2K. Die Kurve der Palisadenindices fällt noch weiter ab zur doppelten Kalidüngung NPK_2 und steigt bei der doppelten Grunddüngung 2NPK wieder etwas an.

Die Kurve der unterseitigen Stomaindices steigt schon zur doppelten Kalidüngung NPK_2 und noch weiter zur doppelten Grunddüngung 2NPK an.

3. Der Feldversuch 1961 (Pflanzen der Sippe 04)

Im Jahr 1961 wurden die gleichen anatomischen Untersuchungen wie 1960 mit Pflanzen zweier verschiedener Sippen durchgeführt: mit Pflanzen der spanischen Sippe 04 und der aus den Vogesen stammenden Sippe 43.

Hier seien zuerst die Untersuchungsergebnisse der Pflanzen der Sippe 04 wiedergegeben. Die Untersuchungen dauerten vom 3.7.1961 bis zum 17.7.1961. Von den Pflanzen jeder Düngungsart wurden 12 Blattpaare, das jeweils 7. und 8. Blatt in basipetaler Folge, untersucht.

Die Anzahl der oberseitigen Stomata:

Die Blätter der ungedüngten Pflanzen der Sippe 04 weisen ungefähr die gleiche Zahl oberseitiger Spaltöffnungen pro mm^2 auf wie die entsprechenden Pflanzen der Sippe 09 aus dem Feldversuch 1960.

Düngung	Stomata o	Stomata u	Gmk o	Gmk u	Gok o	Gok u	KDr o	KDr u	Palisaden	U:O
Ungedüngt (Parz.1)	41	147	7	12	17	17	11	12	1620	3,6
NPK (Parz.2)	45	172	5	10	15	17	11	13	1930	3,9
N_2PK (Parz.3)	47	192	7	13	18	20	13	14	2280	4,1
NP_2K (Parz.4)	45	174	6	11	18	19	9	11	2090	3,9
NPK_2 (Parz.5)	38	155	6	14	18	19	9	13	1750	4,1
2NPK (Parz.6)	44	167	4	10	18	19	8	10	1940	3,8
3NPK (Parz.7)	49	184	9	15	16	15	11	13	2230	3,7
Gesamtmittel:	47	170	6	12	17	18	10	12	1980	3,9

Tabelle 30: Feldversuch 1961. Sippe 04.
Die Anzahl der Stomata, Palisadenparenchymzellen und Trichome pro mm^2.
Mittelwerte aus den je 4 Parzellen gleicher Düngung.

Die Pflanzen der Parzelle 5 (NPK_2) weisen einen etwas niedrigeren Zahlenwert auf, die Werte der Pflanzen der übrigen gedüngten Parzellen liegen wesentlich höher. Der höchste Wert wird erreicht bei den Pflanzen mit der 3-fachen Grunddüngung 3NPK (Parzelle 7). (Signifikante Unterschiede siehe Tabelle 32).

Die Anzahl der unterseitigen Stomata:

Die Zahlenwerte der Pflanzen dieser Sippe insgesamt liegen wesentlich über denjenigen der im Vorjahr untersuchten Sippe 09. - Auch die Unterschiede zwischen den verschieden gedüngten Pflanzen treten hier noch deutlicher und im gleichen Sinne hervor. Auch hier ist die Anzahl der Spaltöffnungen am höchsten bei der doppelten Stickstoffdüngung N_2PK. Am nächsten kommt ihr der Wert bei der dreifachen Grunddüngung 3NPK. Am niedrigsten sind wiederum die Werte der ungedüngten Pflanzen und der Pflanzen, welche eine doppelte Kalidüngung NPK_2 erhalten haben.

Das Verhältnis $\frac{\text{Stomata unterseits}}{\text{Stomata oberseits}}$ zeigt, wie bei den vorjährigen Untersuchungen, bei allen gedüngten Pflanzen einen höheren Zahlenwert als bei den ungedüngten.

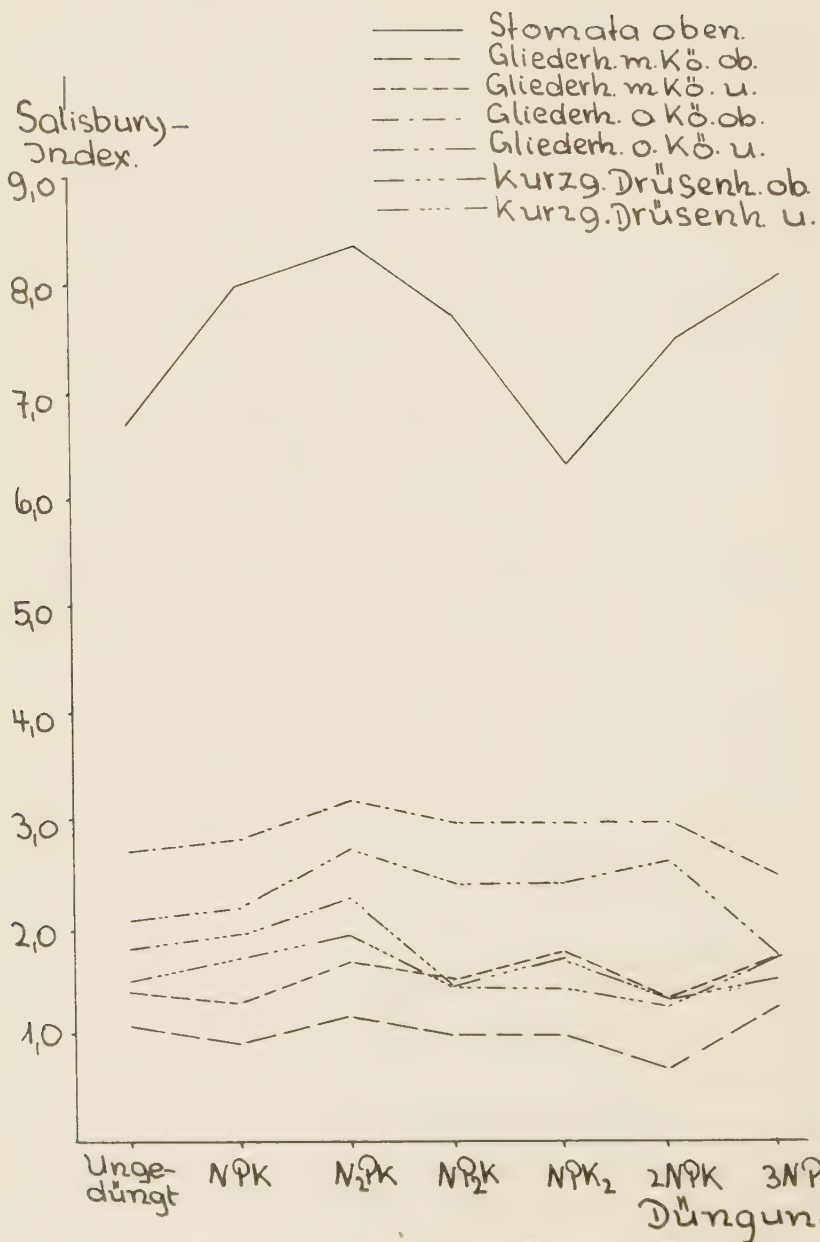

Abb. 18: Die Indices der Spaltöffnungen auf der Blattoberseite und die Indices der Trichome auf Blattober- und Blattunterseite bei verschieden gedüngten Pflanzen.
Feldversuch 1961. Sippe 04.

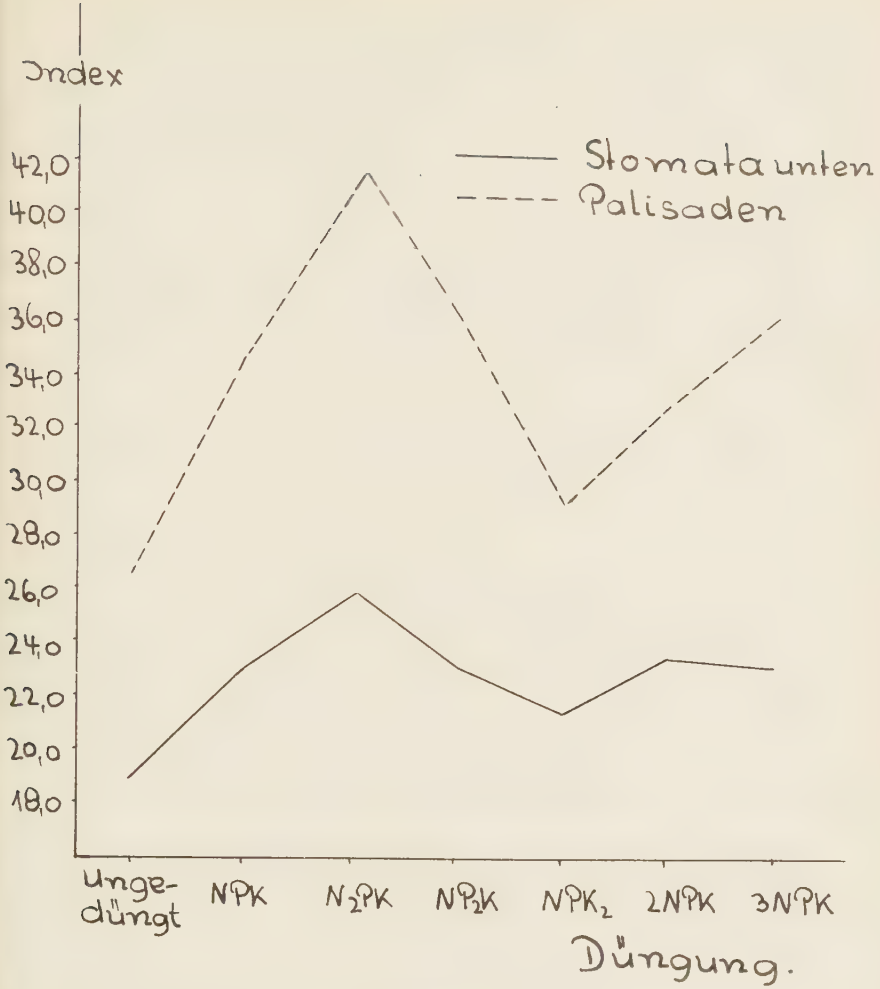

Abb. 19: Die Indices der Spaltöffnungen auf der Blattunterseite und die Indices der Palisadenparenchymzellen verschieden gedüngter Pflanzen.
Feldversuch 1961. Sippe 04.

Die Anzahl der Palisadenparenchymzellen:

Wie im Vorjahr, wird auch hier bei der doppelten Stickstoffdüngung N_2PK der höchste Zahlenwert erreicht, während die Pflanzen mit der doppelten Kalidüngung NPK_2 den niedrigsten Wert unter den gedüngten Pflanzen aufweisen.

In beiden Jahren liegen die Zahlenwerte bei einfacher und doppelter Grunddüngung (NPK und 2NPK) etwa gleich hoch. Bei der dreifachen Grunddüngung 3NPK im Jahr 1961 liegt der Wert fast ebenso hoch wie bei der doppelten Stickstoffdüngung N_2PK.

Behaarung:

In der Behaarung der Blätter bestehen keine signifikanten Unterschiede (siehe Tabelle 32 und 33).

Die Kurven der Indices der oberseitigen Stomata und der Trichome in Abb. 18 zeigen folgendes:
Die Kurve der oberseitigen Stomaindices steigt schon von "ungedüngt" zur einfachen Grunddüngung NPK an. Sie steigt weiter zur doppelten Stickstoffdüngung N_2PK und fällt ab zur doppelten Phosphatdüngung NP_2K und zur doppelten Kalidüngung NPK_2. Der Wiederanstieg zur doppelten und weiter zur dreifachen Grunddüngung 2NPK und 3 NPK ist steil.

Da in der Behaarung zwischen den verschieden gedüngten Pflanzen keine signifikanten Unterschiede bestehen, weisen die Kurven der Indices der Trichome nur sehr geringe Schwankungen auf.

Die Abb. 18 und Abb. 19 zeigen, daß die Kurven der oberseitigen und der unterseitigen Spaltöffnungsindices sowie der Palisadenindices ähnlich verlaufen, nur daß bei der dreifachen Grunddüngung der Index der unterseitigen Spaltöffnungen nicht weiter ansteigt.

Die Spaltöffnungen auf der Blattober- und Blattunterseite

Düngung	Oberseite					Unterseite				
	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$
0	41	6	1	14,6	6,0	147	11	1	7,4	14,3
NPK	45	9	1	20,0	1,6	172	9	1	5,2	1,3
N_2PK	47	7	1	14,9	0	192	11	1	5,7	13,7
NP_2K	45	8	1	17,7	1,8	174	11	1	6,3	2,5
NPK_2	38	8	1	21,0	8,1	155	13	1	8,3	8,8
2NPK	44	7	1	15,9	2,7	167	13	1	7,7	1,7
3NPK	49	9	1	18,3	1,6	184	10	1	5,4	9,3

Die Gliederhaare mit Köpfchen auf der Blattober- und Blattunterseite

Düngung	Oberseite					Unterseite				
	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$
0	7	6	1	85,5	1,2	12	7	1	58,3	0
NPK	5	5	1	100,0	1,4	10	6	1	60,0	2,1
N_2PK	7	7	1	100,0	1,1	13	8	1	61,5	0,9
NP_2K	6	5	1	83,3	0	11	7	1	63,6	1,0
NPK_2	6	6	1	100,0	0	14	7	1	50,0	2,0
2NPK	4	3	0	75,0	3,6	10	6	1	60,0	2,1
3NPK	9	6	1	66,6	3,7	15	6	1	40,0	3,1

Die Gliederhaare ohne Köpfchen auf der Blattober- und Blattunterseite

Düngung	Oberseite					Unterseite				
	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$
0	17	6	1	35,2	0	17	6	1	35,2	1,0
NPK	15	7	1	46,6	2,0	17	7	1	41,1	0,9
N_2PK	18	8	1	38,8	1,0	20	9	1	45,0	1,6
NP_2K	18	6	1	33,3	1,1	19	8	1	42,1	0,9
NPK_2	18	7	1	38,8	1,0	19	9	1	47,3	0,8
2NPK	18	8	1	44,4	1,0	19	9	1	47,3	0,8
3NPK	16	8	1	50,0	0,9	15	7	1	46,6	2,7

Tabelle 32: Feldversuch 1961. Sippe 04.

Die biometrischen Werte der Spaltöffnungen und der Gliederhaare.

Die kurzgestielten Drüsenhaare auf der Blattober- und Blattunterseite

Düngung	Oberseite					Unterseite				
	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$\bar{x}\Sigma\bar{x}$	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$\bar{x}\Sigma\bar{x}$
0	11	6	1	54,5	1,1	12	6	1	50,0	0
NPK	11	6	1	54,5	1,1	13	7	1	54,6	1,0
N_2PK	13	9	1	69,2	2,7	14	9	1	64,2	1,8
NP_2K	9	5	1	55,5	1,2	11	6	1	54,5	1,1
NPK_2	9	6	1	66,6	1,1	13	7	1	54,6	1,0
2NPK	8	4	1	50,0	2,8	10	5	1	50,0	2,5
3NPK	11	5	1	45,4	1,2	13	5	1	38,4	1,2

Die Palisadenparenchymzellen

Düngung	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$\bar{x}\Sigma\bar{x}$
0	1620	109	31	6,7	6,8
NPK	1930	140	40	7,2	0,8
N_2PK	2280	250	71	10,9	3,5
NP_2K	2090	155	44	7,4	1,8
NPK_2	1750	82	23	4,6	5,0
2NPK	1940	165	47	8,5	0,6
3NPK	2230	170	48	7,6	3,8

Tabelle 33: Feldversuch 1961. Sippe 04.

Die biometrischen Werte der kurzgestielten Drüsenhaare und der Palisadenparenchymzellen.

Parzelle	Pflanze	Stomata o	Stomata u	G m k o	G m k u	G o k o	G o k u	K D r o	K D r u	Palisaden	Epidermis o	Epidermis u	U:O
1	1.	42	156	2	6	15	17	6	11	1574	575	743	3,7
ungedüngt	2.	47	151	2	5	23	23	8	10	1552	555	619	3,2
	3.	23	149	0	4	20	17	5	6	1451	519	603	6,4
1'	1.	45	142	4	12	20	20	6	10	1566	599	643	3,1
	2.	39	140	7	11	21	21	15	10	1787	612	698	3,5
	3.	38	142	6	6	20	15	6	9	1610	513	667	3,7
1''	1.	48	149	10	23	21	6	14	14	1611	555	663	3,1
	2.	41	148	14	17	7	18	19	14	1593	575	619	3,1
	3.	38	140	5	10	20	18	18	18	1672	572	606	3,1
1'''	1.	49	150	14	15	10	16	12	16	1810	608	602	3,0
	2.	47	149	9	15	12	14	19	12	1521	563	615	3,1
	3.	38	152	9	17	12	16	10	12	1662	541	628	4,0
Mittelwert:		41	147	7	12	17	17	11	12	1620			3,6

Parzelle	Pflanze	Stomata o	Stomata u	G m k o	G m k u	G o k o	G o k u	K D r o	K D r u	Palisaden	Epidermis o	Epidermis u	U:O
2	1.	34	172	1	4	11	10	4	6	1768	460	525	5,0
(NPK)	2.	56	172	8	11	6	9	6	4	1742	464	525	3,0
	3.	51	181	1	11	20	20	6	6	1750	514	555	3,5
2'	1.	38	172	0	4	12	16	5	7	1880	448	546	4,5
	2.	50	173	15	17	7	10	9	14	2000	522	598	3,4
	3.	42	170	5	10	14	18	17	17	1890	515	604	4,0
2''	1.	44	172	1	7	26	29	11	15	1930	535	616	3,9
	2.	32	172	0	7	21	24	9	7	1970	555	633	5,3
	3.	44	168	2	12	30	25	7	14	1930	556	584	3,8
2'''	1.	62	176	12	14	11	9	19	24	2160	522	591	2,8
	2.	43	171	7	12	16	15	20	22	2130	537	608	3,9
	3.	43	169	11	17	14	16	18	25	2040	522	533	3,8
Mittelwert:		45	172	5	10	15	17	11	13	1930			3,9

Tabelle 34 u. Tabelle 35: Feldversuch 1961. Sippe 04.
Die Anzahl der Stomata, Palisaden und Trichome pro mm^2

Obere Tabelle: Die Werte der ungedüngten Pflanze
Untere Tabelle: Die Werte der Pflanze mit der Düngung NPK

Par-zelle	Pflan-ze	Stomata o	Stomata u	G m k o	G m k u	G o k o	G o k u	K D r o	K D r u	Pali-saden	Epidermis o	Epidermis u	U:O
3	1.	50	198	0	6	18	12	6	4	1740	475	524	3,7
(N_2PK)	2.	57	197	4	4	28	30	11	9	2070	484	531	3,4
	3.	48	197	4	9	12	16	[illegible]	5	2020	462	475	4,1
3'	1.	49	188	12	15	9	11	5	10	2330	477	524	3,8
	2.	48	190	12	19	19	12	19	16	2240	528	597	3,9
	3.	56	195	5	9	20	21	14	14	2540	577	600	3,4
3''	1.	51	189	7	15	23	24	15	12	2490	495	548	3,7
	2.	41	199	15	19	23	32	20	20	2610	571	542	4,8
	3.	42	191	2	10	25	24	15	17	2360	491	560	4,5
3'''	1.	34	189	4	14	15	17	17	22	2250	533	551	5,5
	2.	50	198	5	11	17	24	10	12	2310	528	577	3,9
	3.	43	192	19	25	11	22	21	32	2450	540	595	4,4
Mittelwert:		47	192	7	13	18	20	13	14	2280			4,[illegible]

Par-zelle	Pflan-ze	Stomata o	Stomata u	G m k o	G m k u	G o k o	G o k u	K D r o	K D r u	Pali-saden	Epidermis o	Epidermis u	U:O
4	1.	42	169	15	20	6	7	17	23	2230	566	535	4,0
(NP_2K)	2.	44	174	2	7	12	14	6	8	2000	520	595	3,[illegible]
	3.	52	179	0	9	26	33	12	9	2310	588	695	3,[illegible]
4'	1.	60	179	6	11	21	17	10	9	2230	544	613	2,[illegible]
	2.	40	174	1	4	17	15	14	9	2000	504	551	4,[illegible]
	3.	56	178	4	18	22	21	7	10	2190	531	600	3,[illegible]
4''	1.	40	175	9	11	19	24	3	16	2050	520	538	4,[illegible]
	2.	39	174	0	6	29	30	7	11	1810	495	522	4,[illegible]
	3.	39	179	6	7	14	12	9	15	1900	553	542	4,[illegible]
4'''	1.	42	176	15	24	10	12	6	6	2020	520	600	4,[illegible]
	2.	44	169	4	4	22	22	7	7	2050	520	584	3,[illegible]
	3.	39	163	14	16	16	19	4	9	2260	580	646	4,[illegible]
Mittelwert:		45	174	6	11	18	19	9	11	2090			3,[illegible]

Tabelle 36 u. Tabelle 37: Feldversuch 1961. Sippe 04.
Die Anzahl der Stomata, Palisaden und Trichome pro mm^2

Obere Tabelle: Werte der Pflanze mit der Düngung N_2PK
Untere Tabelle: Werte der Pflanze mit der Düngung NP_2K

Parzelle	Pflanze	Stomata o	Stomata u	G m k o	G m k u	G o k o	G o k u	K D r o	K D r u	Palisaden	Epidermis o	Epidermis u	U:O
5	1.	36	152	1	2	15	14	1	5	1770	582	615	4,2
(NPK_2)	2.	37	162	2	19	24	19	2	12	1760	591	617	4,3
	3.	30	154	2	9	12	11	9	11	1600	582	557	5,1
5'	1.	39	152	11	20	14	10	10	13	1710	566	584	3,8
	2.	43	152	5	19	23	20	16	20	1750	533	584	3,5
	3.	47	151	0	4	20	20	7	9	1700	529	562	3,2
5"	1.	31	159	19	20	11	21	9	15	1780	558	564	5,1
	2.	26	150	16	28	10	9	17	20	1880	551	551	5,7
	3.	46	153	2	11	27	24	6	10	1750	551	551	3,3
5'"	1.	40	159	7	2	24	28	11	15	1910	575	546	3,9
	2.	39	160	2	12	21	18	7	6	1680	588	553	4,1
	3.	46	155	6	18	21	17	10	16	1740	566	567	3,3
Mittelwert:		38	155	6	14	18	19	9	13	1750			4,1

Parzelle	Pflanze	Stomata o	Stomata u	G m k o	G m k u	G o k o	G o k u	K D r o	K D r u	Palisaden	Epidermis o	Epidermis u	U:O
6	1.	43	149	5	9	7	7	9	7	1680	468	520	3,4
(2NPK)	2.	56	169	6	14	21	16	5	10	1780	588	511	3,0
	3.	46	168	4	9	16	12	6	9	1830	520	571	3,6
6'	1.	44	162	2	5	16	15	4	5	1800	500	508	3,6
	2.	45	169	4	12	14	20	17	16	1930	560	520	3,7
	3.	41	159	1	5	12	16	6	7	1790	493	514	3,8
6"	1.	45	168	2	9	14	14	4	7	2160	500	506	3,7
	2.	49	173	5	9	26	24	7	12	2200	571	531	3,5
	3.	40	170	0	7	35	29	4	7	2020	575	544	4,2
6'"	1.	42	168	8	21	24	22	12	15	1940	566	600	4,0
	2.	38	176	0	2	26	39	7	15	2080	595	600	4,6
	3.	40	172	13	21	11	12	11	14	2050	573	615	4,3
Mittelwert:		44	167	4	10	18	19	8	10	1940			3,8

Tabelle 38 u. Tabelle 39: Feldversuch 1961. Sippe 04.
Die Anzahl der Stomata, Palisaden und Trichome pro mm^2

Obere Tabelle: Werte der Pflanze mit der Düngung NPK_2
Untere Tabelle: Werte der Pflanze mit der Düngung 2NPK

Parzelle	Pflanze	Stomata o	Stomata u	Gmk o	Gmk u	Gok o	Gok u	Kur o	Kur u	Palisaden	Epidermis o	Epidermis u	U:O
7	1.	53	185	9	17	15	15	6	9	2300	555	671	3,4
(3NPK)	2.	56	184	1	5	22	17	10	10	2340	595	642	3,2
	3.	46	189	2	9	19	17	14	12	2060	582	682	4,1
7'	1.	49	186	10	16	12	13	12	10	2080	580	608	3,8
	2.	44	185	7	9	5	5	12	17	2550	524	599	4,1
	3.	55	177	12	16	12	17	11	9	1910	490	578	3,2
7"	1.	45	183	10	20	14	12	11	14	2240	580	591	4,1
	2.	42	177	11	12	24	20	12	11	2310	613	593	4,1
	3.	54	180	15	24	11	10	17	14	2420	606	580	3,3
7'''	1.	48	188	9	17	22	27	12	15	2210	593	577	3,9
	2.	62	180	13	13	13	12	9	19	2250	588	588	2,9
	3.	41	189	5	19	20	15	11	15	2160	515	599	4,6
Mittelwert:		49	184	9	15	16	15	11	13	2230			3,7

Tabelle 40: Feldversuch 1961. Sippe 04.
Die Anzahl der Stomata, Palisaden und Trichome pro mm^2
Die Werte der Pflanze mit der Düngung 3NPK

Parzelle	Pflanze	Stoma-Index o	Stoma-Index u	Gmk-Index o	Gmk-Index u	Gok-Index o	Gok-Index u	KDr-Index o	KDr-Index u	Palisaden-Index	Blattfläche mm^2
1	1.	6,8	17,3	0,3	0,6	2,4	1,9	0,9	1,2	25,3	6390
ungedüngt	2.	7,8	19,6	0,3	0,6	3,8	2,9	1,3	1,2	25,7	8365
	3.	4,2	19,8	0	0,5	3,7	2,2	0,9	0,8	26,7	5410
1'	1.	6,9	18,0	0,6	1,5	3,1	2,5	0,9	1,2	24,4	6935
	2.	5,9	16,8	1,0	1,2	3,2	2,5	2,2	1,1	27,4	5700
	3.	6,8	17,5	1,0	0,7	3,6	1,8	1,0	1,1	29,2	7690
1''	1.	7,9	18,3	1,6	2,8	3,5	0,7	2,3	1,7	26,8	8270
	2.	6,6	19,2	2,2	2,2	1,1	2,3	3,0	1,8	25,8	6150
	3.	6,2	18,7	0,8	1,3	3,2	2,4	2,9	2,4	27,4	6790
1'''	1.	7,4	19,9	2,1	1,9	1,5	2,1	1,8	2,1	27,5	7765
	2.	7,7	19,5	1,4	1,9	1,9	1,8	3,1	1,5	24,9	7255
	3.	6,5	19,4	1,5	2,1	2,0	2,0	1,7	1,5	28,6	8775
Mittelwert:		6,7	18,7	1,1	1,4	2,7	2,1	1,8	1,5	26,6	

Parzelle	Pflanze	Stoma-Index o	Stoma-Index u	Gmk-Index o	Gmk-Index u	Gok-Index o	Gok-Index u	KDr-Index o	KDr-Index u	Palisaden-Index	Blattfläche mm^2
2	1.	6,8	24,6	0,2	0,5	2,2	1,4	0,8	0,8	35,3	10620
(NPK)	2.	10,7	24,6	1,5	1,5	1,1	1,2	1,1	0,5	33,5	10300
	3.	9,0	24,5	0,1	1,4	3,5	2,7	1,0	0,8	30,9	9310
2'	1.	7,9	23,9	0	0,5	2,5	2,2	1,0	0,9	39,1	10880
	2.	8,7	22,4	2,6	2,2	1,2	1,2	1,5	1,8	34,9	8395
	3.	7,5	21,9	0,9	1,2	2,5	2,3	3,0	2,2	33,7	10150
2''	1.	7,5	21,8	0,1	0,9	5,2	3,6	1,8	1,9	33,2	7225
	2.	5,4	21,3	0	0,8	3,5	3,0	1,5	0,8	33,5	7640
	3.	7,3	22,3	0,3	1,6	5,0	3,3	1,1	1,8	32,1	11980
2'''	1.	10,5	22,9	2,0	1,8	1,8	1,1	3,2	3,1	37,2	8015
	2.	7,5	21,9	1,1	1,5	2,7	1,9	3,4	2,8	36,7	9905
	3.	7,6	24,0	1,9	2,4	2,5	2,2	3,2	3,5	36,1	9950
Mittelwert:		8,0	23,0	0,9	1,3	2,8	2,2	1,9	1,7	34,7	

Tabelle 41 u. Tabelle 42: Feldversuch 1961. Sippe 04.
Die Indices der Stomata, Palisaden und Trichome

Obere Tabelle: Werte der ungedüngten Pflanze
Untere Tabelle: Werte der Pflanze mit der Düngung NPK

Parzelle	Pflanze	Stoma-Index o	Stoma-Index u	Gmk-Index o	Gmk-Index u	Gok-Index o	Gok-Index u	KDr-Index o	KDr-Index u	Palisaden-Index	Blattfläche mm^2
3	1.	9,5	26,4	0	0,8	3,1	1,6	1,1	0,5	33,1	8270
(N_2PK)	2.	10,5	27,0	0,8	0,5	5,1	4,1	2,0	1,2	38,1	9880
	3.	9,4	29,3	0,7	1,3	2,3	2,3	1,3	0,7	39,6	9290
3'	1.	9,2	26,4	2,2	2,1	1,7	1,5	0,9	1,4	44,2	7705
	2.	8,3	24,1	2,0	2,4	3,2	1,5	3,2	2,0	38,6	10870
	3.	8,8	24,5	0,6	1,1	3,1	2,6	2,2	1,7	40,1	8300
3"	1.	9,3	25,6	1,2	2,0	4,1	3,2	2,7	1,6	55,2	10970
	2.	6,7	26,8	2,4	2,5	3,7	4,3	3,2	2,7	42,6	10130
	3.	7,8	25,4	0,3	1,3	4,6	3,2	2,8	2,2	44,2	11620
3'''	1.	5,9	25,5	0,7	1,9	2,6	2,2	2,9	2,9	39,6	11870
	2.	8,6	25,5	0,8	1,4	2,9	3,0	1,7	1,5	39,8	9410
	3.	7,3	24,4	3,2	3,1	1,8	2,7	3,6	4,0	42,0	14130
Mittelwert:		8,4	25,9	1,2	1,7	3,2	2,7	2,3	1,9	41,4	

Parzelle	Pflanze	Stoma-Index o	Stoma-Index u	Gmk-Index o	Gmk-Index u	Gok-Index o	Gok-Index u	KDr-Index o	KDr-Index u	Palisaden-Index	Blattfläche mm^2
4	1.	6,9	24,0	2,4	2,8	0,9	0,9	2,7	3,2	36,6	8690
(NP_2K)	2.	7,8	22,6	0,3	0,9	2,1	1,8	1,0	1,0	35,4	9090
	3.	8,1	20,4	0	1,0	4,0	3,8	1,8	1,0	36,0	8930
4'	1.	9,9	22,6	0,9	1,3	3,5	2,1	1,6	1,1	37,1	7530
	2.	7,3	22,4	0,1	0,5	3,1	2,0	2,5	1,2	36,7	8330
	3.	9,5	22,8	0,6	2,3	3,7	2,6	1,1	1,2	37,1	7880
4"	1.	7,1	24,5	1,6	1,5	3,3	3,3	0,4	2,2	36,6	9675
	2.	7,3	25,0	0	0,8	5,4	4,2	1,3	1,5	34,1	7630
	3.	6,6	24,8	1,0	0,9	2,3	1,6	1,5	2,0	31,6	10760
4'''	1.	7,4	22,6	2,6	3,0	1,7	1,5	1,0	0,7	36,0	10150
	2.	7,8	22,4	0,7	0,5	3,9	2,9	1,2	0,9	36,6	12100
	3.	6,3	22,9	2,2	2,2	2,5	2,6	0,6	1,2	36,4	9710
Mittelwert:		7,7	23,1	1,0	1,5	3,0	2,4	1,4	1,4	35,9	

Tabelle 43 u. Tabelle 44: Feldversuch 1961. Sippe 04.
Die Indices der Stomata, Palisaden und Trichome

Obere Tabelle: Werte der Pflanze mit der Düngung N_2PK
Untere Tabelle: Werte der Pflanze mit der Düngung NP_2K

Parzelle	Pflanze	S t o m a - Index o	S t o m a - Index u	G m k - Index o	G m k - Index u	G o k - Index o	G o k - Index u	K D r - Index o	K D r - Index u	Palisaden-Index	Blattfläche mm^2
5	1.	5,6	19,8	0,1	0,2	2,4	1,8	0,1	0,6	28,6	8615
(NPK_2)	2.	5,8	20,8	0,3	2,4	3,8	2,4	0,3	1,5	27,9	9345
	3.	4,9	21,6	0,3	1,2	1,9	1,5	1,4	1,5	26,2	8125
5'	1.	6,4	20,6	1,8	2,7	2,3	1,3	1,6	1,7	28,2	9830
	2.	7,4	20,6	0,8	2,5	3,9	2,7	2,7	2,7	30,1	10980
	3.	8,1	21,1	0	0,5	3,4	2,8	1,2	1,2	29,3	11240
5''	1.	5,2	21,9	3,2	2,6	1,8	2,8	1,5	2,0	30,2	8795
	2.	4,5	21,3	2,7	4,0	1,7	1,2	2,9	2,8	32,4	13040
	3.	7,7	21,7	0,3	1,5	4,5	3,4	1,0	1,4	29,1	11560
5'''	1.	6,5	22,5	1,1	0,3	3,9	3,9	1,7	2,1	31,0	10760
	2.	6,2	22,5	0,3	1,6	3,3	2,5	1,1	0,3	26,6	9810
	3.	7,5	21,4	0,9	2,5	3,4	2,3	1,6	2,2	28,5	11010
Mittelwert:		6,3	21,3	1,0	1,8	3,0	2,4	1,4	1,7	29,0	

Parzelle	Pflanze	S t o m a - Index o	S t o m a - Index u	G m k - Index o	G m k - Index u	G o k - Index o	G o k - Index u	K D r - Index o	K D r - Index u	Palisaden-Index	Blattfläche mm^2
6	1.	8,4	22,2	0,9	1,3	1,3	1,0	1,7	1,0	32,8	9630
(2NPK)	2.	8,7	24,8	0,9	2,0	3,2	2,3	0,8	1,4	27,6	11800
	3.	8,1	22,7	0,7	1,2	2,8	1,6	1,0	1,2	31,9	8705
6'	1.	8,0	24,1	0,3	0,7	2,9	2,2	0,7	0,7	33,0	11570
	2.	7,4	22,4	0,6	1,7	2,3	2,8	2,8	2,3	31,9	9370
	3.	7,6	23,6	0,1	0,7	2,2	2,3	1,1	1,0	33,7	8985
6''	1.	8,2	24,9	0,3	1,3	2,5	2,0	0,7	1,0	39,2	11340
	2.	7,9	24,5	0,8	1,2	4,1	3,4	1,1	1,7	35,4	17200
	3.	6,5	23,8	0	0,9	5,6	4,0	0,6	0,9	32,8	13480
6'''	1.	6,9	21,8	1,3	2,7	3,9	2,8	1,9	1,9	31,9	10990
	2.	6,0	22,6	0	0,2	4,1	5,0	1,1	1,9	32,8	10670
	3.	6,5	21,8	2,1	2,6	1,8	1,5	1,8	1,7	33,7	11060
Mittelwert:		7,5	23,4	0,7	1,4	3,0	2,6	1,3	1,4	33,0	

Tabelle 45 u. Tabelle 46: Feldversuch 1961. Sippe 04.
Die Indices der Stomata, Palisaden und Trichome

Obere Tabelle: Werte der Pflanze mit der Düngung NPK_2
Untere Tabelle: Werte der Pflanze mit der Düngung 2NPK

Parzelle	Pflanze	Stoma-Index o	Stoma-Index u	Gmk-Index o	Gmk-Index u	Gok-Index o	Gok-Index u	KDr-Index o	KDr-Index u	Palisaden-Index	Blattfläche mm^2
7	1.	8,7	21,6	1,4	1,9	2,4	1,7	0,9	1,0	37,7	7805
(3NPK)	2.	8,7	22,2	0,1	0,6	3,3	2,0	1,5	1,2	36,0	7660
	3.	7,3	21,7	0,3	1,0	3,0	1,9	2,2	1,3	32,8	7730
7'	1.	7,7	23,4	1,5	1,2	1,9	1,5	1,1	1,2	33,0	14650
	2.	7,7	23,6	1,2	1,1	0,8	0,6	2,1	2,1	44,7	11580
	3.	10,0	23,4	2,2	2,1	2,2	2,2	2,0	1,2	35,0	11980
7"	1.	7,2	23,6	1,5	2,6	2,2	1,5	1,7	1,8	35,8	13280
	2.	6,4	22,9	1,7	1,5	3,6	2,6	1,8	1,4	35,2	14020
	3.	8,1	23,6	2,2	3,1	1,6	1,3	2,5	1,8	36,0	12670
7'''	1.	7,4	24,5	1,4	2,2	3,4	3,5	1,8	1,9	34,5	12890
	2.	9,5	23,4	2,0	1,6	2,0	1,5	1,2	2,4	34,6	13680
	3.	7,3	24,1	0,9	2,4	3,6	1,8	1,9	1,8	38,8	12110
Mittelwert:		8,0	23,2	1,4	1,8	2,5	1,8	1,8	1,6	36,1	

Tabelle 47: Feldversuch 1961. Sippe 04.
Die Indices der Stomata, Palisaden und Trichome

Die Werte der Pflanze mit der Düngung 3NPK

Düngung	Stoma-Index o	Stoma-Index u	Gmk-Index o	Gmk-Index u	Gok-Index o	Gok-Index u	KDr-Index o	KDr-Index u	Palisaden-Index
Ungedüngt (Parz.1)	6,7	18,7	1,1	1,4	2,7	2,1	1,8	1,5	26,6
NPK (Parz.2)	8,0	23,0	0,9	1,3	2,8	2,2	1,9	1,7	34,7
N_2PK (Parz.3)	8,4	25,9	1,2	1,7	3,2	2,7	2,3	1,9	41,4
NP_2K (Parz.4)	7,7	23,1	1,0	1,5	3,0	2,4	1,4	1,4	35,9
NPK_2 (Parz.5)	6,3	21,3	1,0	1,8	3,0	2,4	1,4	1,7	29,0
2NPK (Parz.6)	7,5	23,4	0,7	1,4	3,0	2,6	1,3	1,4	33,0
3NPK (Parz.7)	8,0	23,2	1,4	1,8	2,5	1,8	1,8	1,6	36,1

Tabelle 31: Feldversuch 1961. Sippe 04.
Die Indices der Stomata, Palisadenparenchymzellen und Trichome.
Mittelwerte aus den je 4 Parzellen gleicher Düngung.

4. Der Feldversuch 1961 (Pflanzen der Sippe 43)

Vom 31.7.1961 bis 15.8.1961 wurden pro Düngungsart 12 Blattpaare von Pflanzen der Sippe 43 untersucht. Diese Sippe zeichnete sich aus durch eine wesentlich höhere Anzahl von unterseitigen Spaltöffnungen als die bisher untersuchten Sippen.

Es erschien interessant, an diesen Pflanzen zu untersuchen, ob eine Erhöhung der Anzahl der Spaltöffnungen bei Mineraldüngung auch dann eintritt, wenn die Spaltöffnungsdichte auf der Blattunterseite schon bei den ungedüngten Pflanzen sehr hoch ist.

Die Anzahl der oberseitigen Stomata:

Hier wird, im Gegensatz zu den vorher untersuchten Sippen, der höchste Zahlenwert schon bei der einfachen Grunddüngung NPK erreicht. Die Pflanzen mit der doppelten Stickstoffdüngung N_2PK und der dreifachen Grunddüngung 3NPK erreichen einen annähernd gleichen Wert. Die ungedüngten Pflanzen weisen einen ähnlich niedrigen Wert auf wie die Pflanzen, welche eine doppelte Phosphatdüngung NP_2K oder eine doppelte Kalidüngung NPK_2 erhalten haben.

Düngung	Stomata o	Stomata u	Gmk o	Gmk u	Gok o	Gok u	KDr o	KDr u	Palisaden	U:O
Ungedüngt (Parz.1)	40	209	0	5	26	28	9	15	2430	5,2
NPK (Parz.2)	50	254	0	6	26	27	8	14	2860	5,4
N_2PK (Parz.3)	48	275	0	5	23	25	7	12	3110	5,7
NP_2K (Parz.4)	42	224	0	2	26	28	9	13	2770	5,3
NPK_2 (Parz.5)	38	222	0	4	24	24	8	14	2460	5,8
2NPK (Parz.6)	46	255	0	4	25	26	8	14	3040	5,5
3NPK (Parz.7)	49	274	0	4	30	31	13	18	3300	5,5
Gesamtmittel:	44	244	0	4	26	27	9	14	2850	5,5

Tabelle 48: Feldversuch 1961. Sippe 43.

Die Anzahl der Stomata, Palisadenparenchymzellen und Trichome pro mm^2.
Mittelwerte aus den je 4 Parzellen gleicher Düngung.

Die Anzahl der unterseitigen Stomata:

Genau wie bei der vorher untersuchten Sippe 04 besitzen die Pflanzen, welche die doppelte Stickstoffdüngung N_2PK erhalten hatten, die höchste Anzahl unterseitiger Spaltöffnungen pro mm^2. Der Wert wird nahezu erreicht bei der dreifachen Grunddüngung 3NPK. Die Pflanzen mit der einfachen Grunddüngung NPK haben ähnliche Werte wie die mit der doppelten Grunddüngung 2NPK. Die niedrigsten Werte gedüngter Pflanzen haben wiederum die Pflanzen mit der doppelten Kalidüngung NPK_2 und der doppelten Phosphatdüngung NP_2K.

Das Verhältnis $\frac{\text{Stomata unterseits}}{\text{Stomata oberseits}}$ erreicht wiederum bei allen gedüngten Pflanzen höhere Werte als bei den ungedüngten.

Die Anzahl der Palisadenparenchymzellen:

Auch hier liegen die Werte insgesamt höher als bei den zuerst untersuchten Sippen. Einen sehr hohen Wert erreichen auch hier die Pflanzen mit der doppelten Stickstoffdüngung N_2PK. Er wird aber von dem Wert bei dreifacher Grunddüngung 3NPK etwas übertroffen, von dem bei doppelter Grunddüngung 2NPK beinahe erreicht. Der Zahlenwert bei doppelter Kalidüngung NPK_2 liegt etwa so niedrig wie bei den ungedüngten

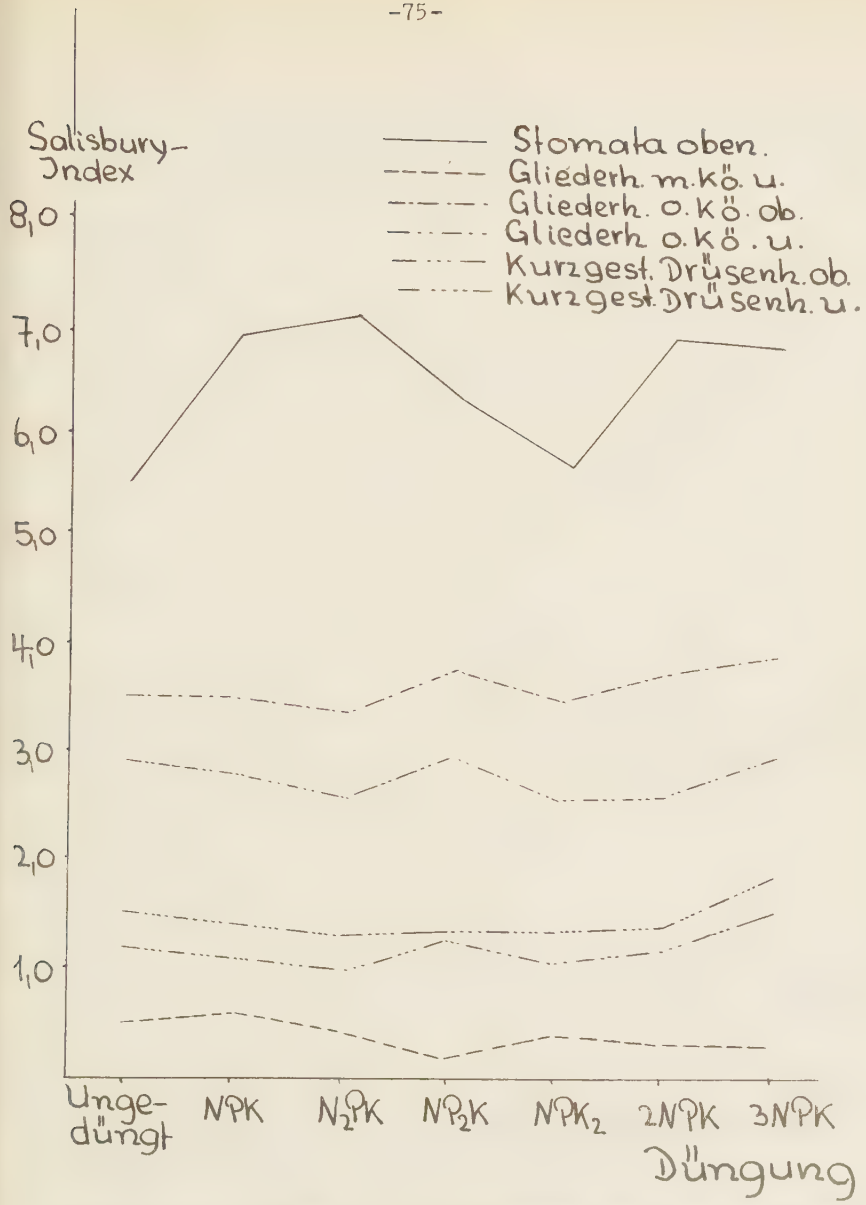

Abb. 20: Die Indices der Spaltöffnungen auf der Blattoberseite und die Indices der Trichome auf Blattober- und Blattunterseite bei verschieden gedüngten Pflanzen.
Feldversuch 1961. Sippe 43.

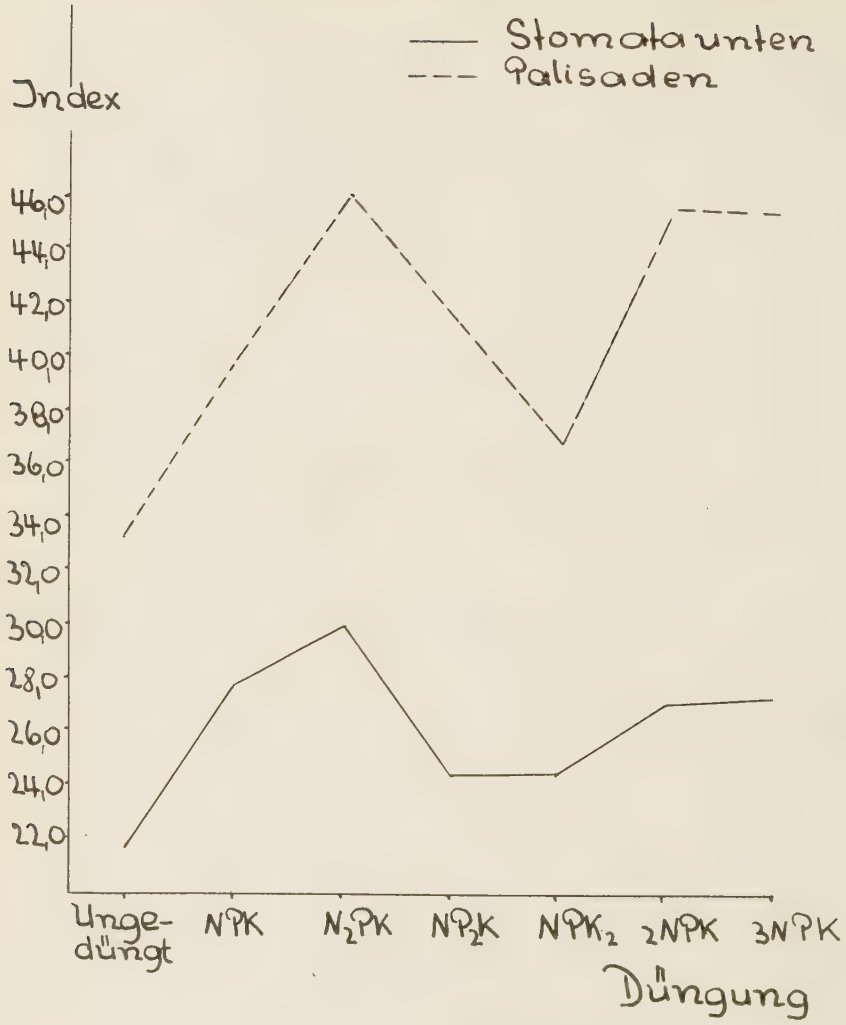

Abb. 21: Die Indices der Spaltöffnungen auf der Blattunterseite und die Indices der Palisadenparenchymzellen bei verschieden gedüngten Pflanzen. Feldversuch 1961. Sippe 43.

Pflanzen. Die Anzahl der Palisaden pro mm^2 bei doppelter Phosphatdüngung NP_2K ist etwas größer, aber immer noch geringer als bei der einfachen Grunddüngung NPK.

Behaarung:

In 2 Einzelfällen treten eben signifikante Unterschiede in der Behaarung auf. Bei den Pflanzen mit der doppelten Phosphatdüngung NP_2K ist die Zahl der unterseitigen Gliederhaare mit Köpfchen signifikant vermindert, bei den Pflanzen mit der dreifachen Grunddüngung 3NPK die Zahl der oberseitigen kurzgestielten Drüsenhaare signifikant erhöht (siehe Tabelle 50 und 51). Bei allen übrigen Pflanzen ist die Behaarung einheitlich.

Abbildung 20 zeigt die Kurven der oberseitigen Stomaindices und die Indices der Trichome.

Die Kurve der oberseitigen Stomaindices steigt an von "Ungedüngt" zur einfachen Grunddüngung NPK und dann nur noch schwach zur doppelten Stickstoffdüngung N_2PK. Sie fällt zur doppelten Kalidüngung ab und steigt zur doppelten Grunddüngung 2NPK wieder steil an. Bei dreifacher Grunddüngung 3NPK findet kein weiterer Anstieg statt.

Die Kurven der Indices der Trichome weisen wiederum nur geringe Schwankungen auf.

Die Kurven der unterseitigen Stomaindices und der Palisadenindices (siehe Abb. 21) unterscheiden sich in ihrem Verlauf im wesentlichen nur dadurch, daß die Spaltöffnungsindices bei doppelter Phosphatdüngung NP_2K und doppelter Kalidüngung NPK_2 gleich niedrige Werte aufweisen, während bei den Palisadenindices der Wert bei der doppelten Kalidüngung NPK_2 noch wesentlich niedriger liegt.

Die Abbildungen 22 und 23 zeigen die Kurven der ober- und unterseitigen Spaltöffnungsindices sowie der Palisadenindices der 3 untersuchten Sippen in den Feldversuchen der beiden Jahre.

Die Pflanzen mit der doppelten Stickstoffdüngung N_2PK weisen bei allen drei Sippen, bei den oberseitigen wie bei den

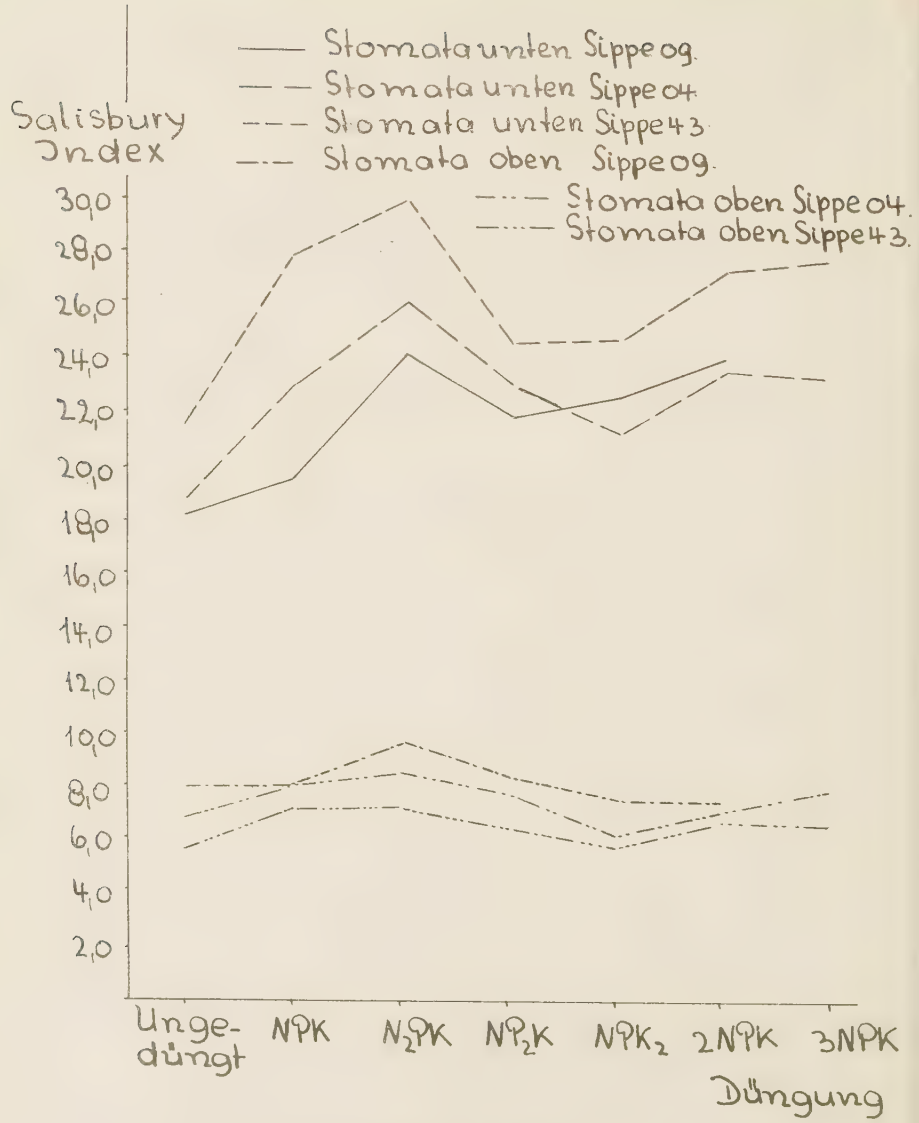

Abb. 22: Die Indices der Spaltöffnungen auf der Blattoberseite und auf der Blattunterseite bei verschieden gedüngten Pflanzen. Feldversuche 1960 und 1961. Sippen 09, 04 und 43.

Die entsprechenden Kurven zeigen bei den verschiedenen Sippen einen ähnlichen Verlauf.

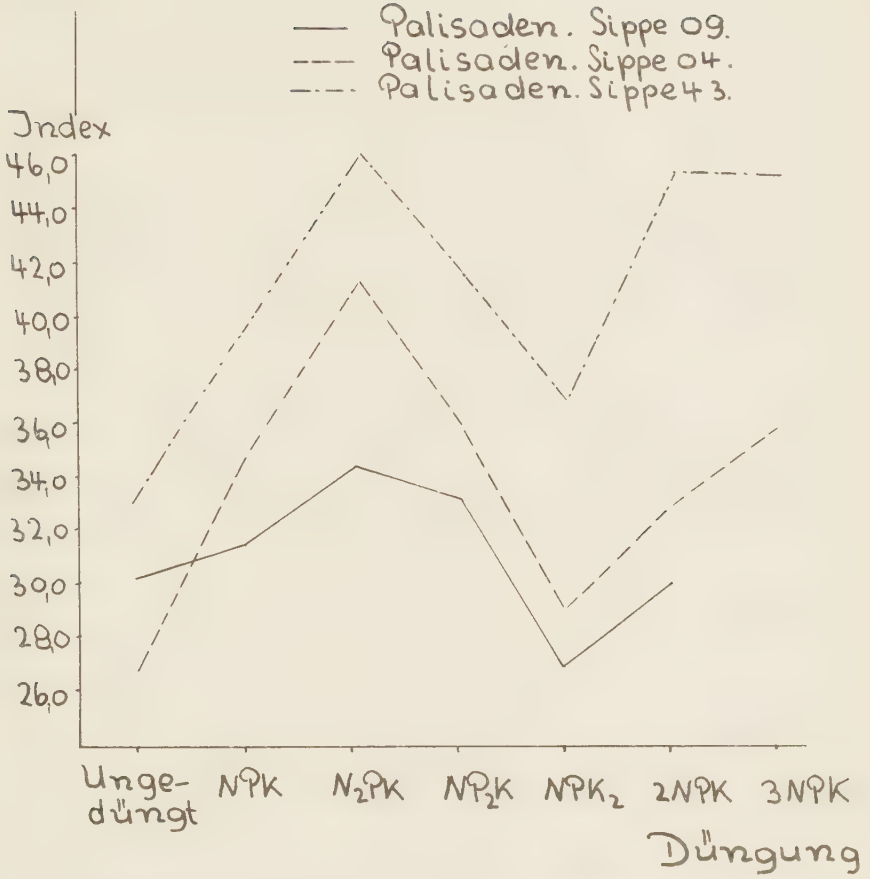

Abb. 23: Die Indices der Palisadenparenchymzellen bei verschieden gedüngten Pflanzen.
Feldversuche 1960 und 1961. Sippen 09, 04 und 43.

Die Kurven zeigen bei den 3 Sippen in beiden aufeinanderfolgenden Jahren einen ähnlichen Verlauf.

unterseitigen Stomata, die höchsten Werte auf. Die niedrigsten Werte besitzen die Pflanzen der ungedüngten Parzellen.

Bei den gedüngten Pflanzen weisen die niedrigsten Werte die Pflanzen mit der doppelten Phosphatdüngung NP_2K und mit der doppelten Kalidüngung NPK_2 auf.

Bei den Palisadenindices liegen, ebenfalls einheitlich für alle 3 Sippen, die höchsten Werte bei der doppelten Stickstoffdüngung N_2PK und die niedrigsten bei den ungedüngten Pflanzen und bei den Pflanzen mit der Düngung NPK_2, einer doppelten Kalidüngung.

Die niederen Indexwerte der ober- und unterseitigen Spaltöffnungen bei der doppelten Kalidüngung NPK_2 stimmen überein mit einer Beobachtung von Mothes (1932) an Nicotiana. Mothes fand, daß eine Steigerung der Kali-Konzentration bei Nicotiana eine meso- oder hygromorphe Struktur des Blattes hervorruft, unter anderem auch eine Verringerung der Spaltöffnungsdichte.

Düngung	S t o m a - Index		G m k - Index		G o k - Index		K D r - Index		Palisaden-Index
	o	u	o	u	o	u	o	u	
Ungedüngt (Parz.1)	5,5	21,5	0,01	0,5	3,5	2,9	1,2	1,5	33,2
NPK (Parz.2)	6,9	27,7	0,05	0,6	3,5	2,8	1,1	1,4	39,8
N_2PK (Parz.3)	7,1	29,9	0,05	0,4	3,4	2,6	1,0	1,3	46,1
NP_2K (Parz.4)	6,3	24,4	0,07	0,2	3,8	3,0	1,3	1,4	41,6
NPK_2 (Parz.5)	5,7	24,5	0,01	0,4	3,5	2,6	1,1	1,4	36,8
2NPK (Parz.6)	6,9	27,3	0,02	0,3	3,8	2,7	1,2	1,5	45,6
3NPK (Parz.7)	6,8	27,5	0,02	0,3	4,0	3,1	1,6	1,9	45,4

Tabelle 49: Feldversuch 1961. Sippe 43.
Die Indices der Stomata, Palisadenparenchymzellen und Trichome.
Mittelwerte aus den je 4 Parzellen gleicher Düngung.

Die Spaltöffnungen auf der Blattober- und Blattunterseite

Düngung	Oberseite $\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	Unterseite $\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$
0	40	7	1	17,5	4,0	209	16	2	7,6	15,9
NPK	50	9	1	18,0	5,0	254	10	1	3,9	5,9
N_2PK	48	7	1	14,5	4,0	275	17	2	6,1	14,0
NP_2K	42	5	1	11,9	2,2	224	14	1	6,2	10,0
NPK_2	38	6	1	15,7	6,3	222	11	1	4,9	14,6
2NPK	46	8	1	17,3	1,8	255	15	2	5,9	5,2
3NPK	49	7	1	14,3	5,0	274	13	1	4,7	15,0

Die Gliederhaare mit Köpfchen auf der Blattober- und Blattunterseite

Düngung	Oberseite $\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	Unterseite $\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$
0	0	-	-	-	-	5	3	0	60,0	2,2
NPK	0	-	-	-	-	6	3	0	50,0	4,4
N_2PK	0	-	-	-	-	5	4	1	80,0	2,0
NP_2K	0	-	-	-	-	2	2	0	100,0	5,5
NPK_2	0	-	-	-	-	4	3	0	75,0	0
2NPK	0	-	-	-	-	4	3	0	75,0	0
3NPK	0	-	-	-	-	4	3	0	75,0	0

Die Gliederhaare ohne Köpfchen auf der Blattober- und Blattunterseite

Düngung	Oberseite $\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	Unterseite $\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$
0	26	6	1	23,0	0	28	9	1	32,1	0,9
NPK	26	7	1	26,9	0	27	7	1	25,9	0
N_2PK	23	5	1	21,7	3,7	25	5	1	20,0	2,2
NP_2K	26	6	1	23,0	0	28	7	1	25,0	1,0
NPK_2	24	6	1	25,0	2,3	24	6	1	25,0	3,1
2NPK	25	6	1	24,0	1,1	26	7	1	26,9	1,0
3NPK	30	6	1	20,0	4,7	31	7	1	22,5	4,0

Tabelle 50: Feldversuch 1961. Sippe 43.

Die biometrischen Werte der Spaltöffnungen und der Gliederhaare.

Die kurzgestielten Drüsenhaare auf der Blattober- und Blattunterseite

Düngung	Oberseite					Unterseite				
	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$t_{\bar{x}\Sigma\bar{x}}$	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$t_{\bar{x}\Sigma\bar{x}}$
0	9	4	1	44,4	0	15	6	1	40,0	1,1
NPK	8	4	1	50,0	1,8	14	7	1	50,0	0
N_2PK	7	3	0	42,8	4,4	12	4	1	33,3	2,8
NP_2K	9	3	0	33,3	0	13	4	1	30,7	1,4
NPK_2	8	3	0	37,5	2,2	14	7	1	50,0	0
2NPK	8	4	1	50,0	1,8	14	6	1	42,8	0
3NPK	13	5	1	46,1	6,1	18	6	1	33,3	4,4

Die Palisadenparenchymzellen

Düngung	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$t_{\bar{x}\Sigma\bar{x}}$
0	2430	55	15	2,2	12,0
NPK	2860	215	61	7,5	0,1
N_2PK	3110	86	24	2,7	6,6
NP_2K	2770	103	28	3,7	1,9
NPK_2	2460	87	24	3,5	9,7
2NPK	3040	93	26	3,5	4,7
3NPK	3300	114	32	3,4	10,0

Tabelle 51: Feldversuch 1961. Sippe 43.
Die biometrischen Werte der kurzgestielten Drüsenhaare und der Palisadenparenchymzellen.

Par-zelle	Pflan-ze	Stomata o	Stomata u	G m k o	G m k u	G o k o	G o k u	K D r o	K D r u	Pali-saden	Epidermis o	Epidermis u	U:O
1	1.	34	201	0	10	24	26	9	15	2550	671	735	5,9
unge-	2.	37	202	0	4	25	25	9	12	2390	662	762	5,5
düngt	3.	41	212	1	9	21	30	7	11	2400	682	753	5,1
1'	1.	37	201	0	4	30	23	10	12	2440	679	749	5,4
	2.	40	201	0	1	26	27	7	15	2450	691	784	5,0
	3.	36	218	0	8	19	15	2	10	2330	649	760	6,0
1"	1.	37	216	0	4	28	36	10	20	2440	685	758	5,8
	2.	47	215	0	3	34	36	11	21	2430	744	744	4,6
	3.	43	208	0	4	27	30	9	20	2460	740	750	4,8
1'"	1.	48	218	0	3	31	31	14	14	2500	700	788	4,5
	2.	46	218	0	5	26	30	10	15	2400	715	771	4,7
	3.	42	210	0	5	25	25	10	14	2450	701	768	5,0
Mittelwert:		40	209	0	5	26	28	9	15	2430			5,2

Par-zelle	Pflan-ze	Stomata o	Stomata u	G m k o	G m k u	G o k o	G o k u	K D r o	K D r u	Pali-saden	Epidermis o	Epidermis u	U:O
2	1.	50	248	0	5	31	28	6	9	2810	604	666	4,9
(NPK)	2.	46	249	0	5	27	23	9	15	2840	628	680	5,4
	3.	48	249	2	14	19	7	6	9	2750	631	677	5,1
2'	1.	37	250	0	9	19	19	6	11	2760	629	660	6,7
	2.	41	260	2	6	20	22	5	11	2300	642	653	6,3
	3.	46	257	0	4	24	21	6	11	2870	620	654	5,6
2"	1.	46	249	0	1	26	31	9	14	2900	684	686	5,4
	2.	58	254	0	4	31	36	11	17	2980	731	653	5,2
	3.	52	255	0	4	23	30	7	12	3010	670	650	5,8
2'"	1.	55	257	0	5	33	31	12	19	3010	733	655	5,5
	2.	62	258	0	9	31	31	15	19	3170	742	653	4,1
	3.	58	258	0	5	25	30	10	17	2970	722	652	5,2
Mittelwert:		50	254	0	6	26	27	8	14	2860			5,4

Tabelle 52 u. Tabelle 53: Feldversuch 1961. Sippe 43.
Die Anzahl der Stomata, Palisaden und Trichome pro mm^2

Obere Tabelle: Werte der ungedüngten Pflanze
Untere Tabelle: Werte der Pflanze mit der Düngung NPK

Parzelle	Pflanze	Stomata o	Stomata u	G m k o	G m k u	G o k o	G o k u	K D r o	K D r u	Palisaden	Epidermis o	Epidermis u	U:O
3	1.	44	268	0	8	24	21	7	8	3120	633	635	6,0
(N_2PK)	2.	46	271	0	6	19	22	7	7	3020	628	662	5,8
	3.	49	269	1	5	30	30	9	15	3200	668	642	5,4
3'	1.	49	282	1	6	22	25	7	15	3030	687	637	5,7
	2.	42	278	0	3	24	25	7	11	3140	637	648	6,1
	3.	44	275	0	6	23	26	7	12	3170	635	657	6,2
3"	1.	44	275	1	5	26	27	7	13	3100	593	653	6,2
	2.	45	272	1	4	21	23	5	12	3000	557	626	6,0
	3.	45	273	1	4	20	25	8	11	2980	627	661	6,0
3"'	1.	60	282	0	1	22	22	8	15	3210	626	616	4,7
	2.	57	278	0	1	25	25	9	13	3190	624	631	4,8
	3.	53	276	1	5	21	25	8	13	3200	620	639	5,2
Mittelwert:		48	275	0	5	23	25	7	12	3110			5,7

Parzelle	Pflanze	Stomata o	Stomata u	G m k o	G m k u	G o k o	G o k u	K D r o	K D r u	Palisaden	Epidermis o	Epidermis u	U:O
4	1.	41	225	2	2	34	35	10	12	2970	618	668	5,5
(NP_2K)	2.	40	218	3	0	27	32	10	14	2710	620	682	5,4
	3.	36	226	2	1	30	32	11	15	2800	675	702	6,2
4'	1.	38	219	0	1	20	24	9	14	2720	608	686	5,7
	2.	45	227	0	4	33	34	11	15	2720	620	757	5,0
	3.	41	221	0	2	28	29	10	13	2760	615	730	5,3
4"	1.	39	229	0	5	15	26	7	11	2600	586	702	5,8
	2.	42	220	0	1	25	16	7	11	2720	617	717	5,2
	3.	41	223	0	2	20	21	8	12	2740	616	700	5,4
4"'	1.	47	224	0	5	23	30	8	14	2760	620	628	4,7
	2.	45	228	0	3	31	30	9	12	2950	664	657	5,0
	3.	46	229	0	2	27	27	8	13	2810	634	701	5,0
Mittelwert:		42	224	0	2	26	28	9	13	2770			5,3

Tabelle 54 u. Tabelle 55: Feldversuch 1961. Sippe 43.
Die Anzahl der Stomata, Palisaden und Trichome pro mm^2

Obere Tabelle: Werte der Pflanze mit der Düngung N_2PK
Untere Tabelle: Werte der Pflanze mit der Düngung NP_2K

Par-zelle	Pflan-ze	Stomata o	Stomata u	G m k o	G m k u	G o k o	G o k u	K D r o	K D r u	Pali-saden	Epidermis o	Epidermis u	U:O
5	1.	35	218	0	5	23	20	7	6	2250	611	635	6,2
(NPK_2)	2.	34	221	1	6	20	20	9	11	2450	584	631	6,5
	3.	35	217	0	2	21	20	3	10	2420	584	660	6,2
5'	1.	40	229	0	2	30	36	8	16	2450	653	711	5,7
	2.	38	228	0	4	25	29	9	14	2390	628	720	6,0
	3.	38	224	0	3	24	27	8	15	2430	643	697	5,8
5"	1.	40	225	0	7	23	23	7	16	2450	668	717	5,6
	2.	37	219	0	1	20	24	9	18	2510	628	735	5,9
	3.	35	220	0	4	21	23	8	12	2470	610	712	6,3
5'''	1.	45	226	0	6	29	25	9	17	2600	677	666	5,0
	2.	42	220	0	1	22	25	7	13	2540	633	651	5,2
	3.	41	223	0	5	25	24	8	14	2520	639	663	5,4
Mittelwert:		38	222	0	4	24	24	8	14	2460			5,8

Par-zelle	Pflan-ze	Stomata o	Stomata u	G m k o	G m k u	G o k o	G o k u	K D r o	K D r u	Pali-saden	Epidermis o	Epidermis u	U:O
6	1.	46	244	1	5	32	24	10	14	3110	606	628	5,3
(2NPK)	2.	46	247	0	4	21	22	6	10	2940	635	657	5,3
	3.	46	250	1	9	24	21	9	11	3050	628	671	5,4
6'	1.	37	250	1	5	25	19	9	12	2940	566	655	6,7
	2.	45	262	0	2	24	33	9	13	2900	631	693	5,8
	3.	43	260	0	3	23	24	10	11	3080	634	687	5,9
6"	1.	47	254	0	3	24	26	5	12	3000	602	688	5,4
	2.	51	253	0	4	26	25	8	16	3070	598	764	5,0
	3.	48	257	0	2	21	26	9	17	3060	600	673	5,3
6'''	1.	49	262	0	3	26	29	7	16	3020	651	671	5,3
	2.	51	260	0	1	30	34	11	22	3250	657	668	5,0
	3.	47	263	0	3	30	31	8	18	3120	623	675	5,5
Mittelwert:		46	255	0	4	25	26	8	14	3040			5,5

Tabelle 56 u. Tabelle 57: Feldversuch 1961. Sippe 43.
Die Anzahl der Stomata, Palisaden und Trichome pro mm^2

Obere Tabelle: Werte der Pflanze mit der Düngung NPK_2
Untere Tabelle: Werte der Pflanze mit der Düngung 2NPK

Parzelle	Pflanze	Stomata o	Stomata u	G m k o	G m k u	G o k o	G o k u	K D r o	K D r u	Palisaden	Epidermis o	Epidermis u	U:O
7 (3NPK)	1.	[illegible]	[illegible]	1	3	[illegible]	40	[illegible]9	20	3400	748	642	4,7
	2.	[illegible]	28	0	4	3[illegible]	34	[illegible]6	[illegible]	3380	746	660	5,2
	3.	49	27[illegible]	0	4	30	29	[illegible]	[illegible]2	3350	722	708	5,6
7'	1.	43	270	0	3	20	33	9	17	3350	620	749	6,2
	2.	44	278	1	4	27	29	9	16	3250	624	744	6,3
	3.	40	271	1	7	24	30	8	19	3170	657	740	6,7
7"	1.	50	270	0	2	34	35	11	25	3220	726	735	5,4
	2.	49	267	0	3	26	25	11	17	3070	651	746	5,4
	3.	48	272	0	4	27	29	12	19	3180	673	741	5,6
7'''	1.	54	275	0	3	30	30	11	15	3430	648	728	5,0
	2.	54	271	0	5	34	34	12	24	3390	666	735	5,0
	3.	51	270	0	3	34	32	12	23	3360	657	739	5,2
Mittelwert:		49	274	0	4	30	31	13	18	3300			5,5

Tabelle 58: Feldversuch 1961. Sippe 43.
Die Anzahl der Stomata, Palisaden und Trichome pro mm^2
Die Werte der Pflanze mit der Düngung 3NPK

Parzelle	Pflanze	Stoma-Index o	Stoma-Index u	Gmk-Index o	Gmk-Index u	Gok-Index o	Gok-Index u	KDr-Index o	KDr-Index u	Palisaden-Index	Blattfläche mm^2
1	1.	4,8	21,4	0	1,1	3,4	2,9	1,3	1,6	36,1	8135
ungedüngt	2.	5,3	20,9	0	0,4	3,5	2,6	1,3	1,2	34,1	8860
	3.	5,6	21,9	0,1	0,9	2,9	3,1	0,9	1,1	33,2	8665
1'	1.	5,1	21,1	0	0,4	4,1	2,4	1,4	1,2	34,0	11280
	2.	5,4	20,4	0	0,1	3,5	2,8	0,9	1,5	33,5	9080
	3.	5,2	22,3	0	0,8	2,8	1,5	0,3	1,0	34,0	9165
1"	1.	5,1	22,1	0	0,4	3,9	3,7	1,4	2,0	33,8	10410
	2.	5,9	22,4	0	0,3	3,9	3,8	1,4	2,1	30,7	9595
	3.	5,4	21,1	0	0,4	3,4	3,1	1,1	2,1	31,4	10230
1'"	1.	6,4	21,6	0	0,3	4,1	3,0	1,8	1,3	33,4	9500
	2.	6,4	22,0	0	0,4	3,4	3,0	1,3	1,5	31,5	8155
	3.	5,6	21,4	0	0,5	3,3	2,5	1,3	1,4	32,9	8675
Mittelwert:		5,5	21,5	0,01	0,5	3,5	2,9	1,2	1,5	33,2	

Parzelle	Pflanze	Stoma-Index o	Stoma-Index u	Gmk-Index o	Gmk-Index u	Gok-Index o	Gok-Index u	KDr-Index o	KDr-Index u	Palisaden-Index	Blattfläche mm^2
2	1.	7,6	27,1	0	0,5	4,7	3,1	0,9	0,9	42,9	13600
(NPK)	2.	6,8	26,8	0	0,5	4,0	2,4	1,1	1,6	42,1	15050
	3.	7,0	26,9	0,3	1,5	2,7	0,7	0,8	0,9	40,5	16690
2'	1.	5,5	27,4	0	0,9	2,8	2,0	0,9	1,2	41,4	12780
	2.	6,0	28,4	0,3	0,6	2,9	2,4	0,7	1,2	33,7	12560
	3.	6,9	28,2	0	0,4	3,6	2,3	0,8	1,2	43,0	13180
2"	1.	6,3	26,6	0	0,1	3,5	3,4	1,2	1,4	39,7	13540
	2.	7,3	28,0	0	0,4	4,0	3,9	1,3	1,8	37,7	12550
	3.	7,2	28,1	0	0,4	3,2	3,3	0,9	1,3	41,6	12730
2'"	1.	6,9	28,1	0	0,5	4,1	3,4	1,5	2,0	38,1	12780
	2.	7,7	28,3	0	0,9	3,8	3,4	1,8	2,0	39,4	14640
	3.	7,4	28,3	0	0,5	3,2	3,3	1,3	1,8	38,0	13730
Mittelwert:		6,9	27,7	0,05	0,6	3,5	2,8	1,1	1,4	39,8	

Tabelle 59 u. Tabelle 60: Feldversuch 1961. Sippe 43.
Die Indices der Stomata, Palisaden und Trichome

Obere Tabelle: Werte der ungedüngten Pflanze
Untere Tabelle: Werte der Pflanze mit der Düngung NPK

Parzelle	Pflanze	Stoma-Index o	Stoma-Index u	Gmk-Index o	Gmk-Index u	Gok-Index o	Gok-Index u	KDr-Index o	KDr-Index u	Palisaden-Index	Blattfläche mm^2
3	1.	6,5	29,6	0	0,8	3,5	2,3	1,0	0,8	46,0	10680
(N_2PK)	2.	6,7	29,0	0	0,6	2,8	2,3	1,0	0,7	44,8	15730
	3.	6,8	28,4	0,1	0,5	4,1	3,3	1,2	1,6	44,6	13760
3'	1.	6,6	30,8	0,1	0,6	2,9	2,7	0,9	1,6	41,1	13030
	2.	6,2	30,0	0	0,3	3,5	2,7	1,0	1,2	46,1	13450
	3.	6,4	29,5	0	0,6	3,3	2,8	1,0	1,2	46,4	13775
3''	1.	6,9	29,6	0,1	0,5	4,0	2,9	1,0	1,4	48,4	15290
	2.	7,4	30,3	0,1	0,4	3,5	2,5	0,8	1,3	50,0	16310
	3.	6,7	29,2	0,1	0,4	2,9	2,6	1,2	1,1	44,4	14970
3'''	1.	8,7	31,4	0	0,1	3,1	2,4	1,1	1,6	46,8	13470
	2.	8,3	30,5	0	0,1	3,6	2,7	1,3	1,4	46,8	14140
	3.	7,8	30,8	0,1	0,5	3,1	2,7	1,1	1,4	47,5	13970
Mittelwert:		7,1	29,9	0,05	0,4	3,4	2,6	1,0	1,3	46,1	

Parzelle	Pflanze	Stoma-Index o	Stoma-Index u	Gmk-Index o	Gmk-Index u	Gok-Index o	Gok-Index u	KDr-Index o	KDr-Index u	Palisaden-Index	Blattfläche mm^2
4	1.	6,2	25,2	0,3	0,2	5,1	3,8	1,5	1,3	45,0	12230
(NP_2K)	2.	5,0	24,2	0,4	0	4,0	3,5	1,5	1,5	41,0	12890
	3.	5,6	24,3	0,2	0,1	4,2	3,4	1,5	1,6	39,3	11280
4'	1.	5,9	24,2	0	0,1	3,1	2,6	1,4	1,5	42,5	14900
	2.	6,7	23,0	0	0,4	4,9	3,4	1,6	1,5	40,9	15690
	3.	6,2	23,2	0	0,2	4,1	3,0	1,5	1,3	42,0	15300
4''	1.	6,2	24,5	0	0,5	2,4	2,8	1,1	1,1	41,6	15550
	2.	6,3	23,4	0	0,1	3,8	1,7	1,0	1,1	41,2	13500
	3.	6,2	24,1	0	0,2	3,0	2,2	1,2	1,3	41,5	13880
4'''	1.	7,0	26,3	0	0,5	3,4	3,5	1,0	1,6	41,3	11770
	2.	6,3	25,7	0	0,3	4,3	3,4	1,2	1,3	41,6	11820
	3.	6,7	24,6	0	0,2	3,9	2,9	1,1	1,4	41,3	13375
Mittelwert:		6,3	24,4	0,07	0,2	3,8	3,0	1,3	1,4	41,6	

Tabelle 61 u. Tabelle 62: Feldversuch 1961. Sippe 43.
Die Indices der Stomata, Palisaden und Trichome

Obere Tabelle: Werte der Pflanze mit der Düngung N_2PK
Untere Tabelle: Werte der Pflanze mit der Düngung NP_2K

Parzelle	Pflanze	Stoma-Index o	Stoma-Index u	Gmk-Index o	Gmk-Index u	Gok-Index o	Gok-Index u	KDr-Index o	KDr-Index u	Palisaden-Index	Blattfläche mm^2
5	1.	5,4	25,5	0	0,5	3,5	2,3	1,1	0,7	34,8	15550
(NPK_2)	2.	5,4	25,9	0,1	0,7	3,2	2,3	1,4	1,2	39,6	13500
	3.	5,6	24,7	0	0,2	3,3	2,2	0,5	1,1	39,0	15320
5'	1.	5,7	24,3	0	0,2	4,3	3,8	1,1	1,7	35,3	16580
	2.	5,7	24,0	0	0,4	3,8	3,0	1,3	1,4	35,9	11530
	3.	5,6	24,3	0	0,3	3,5	2,9	1,1	1,6	35,5	13490
5''	1.	5,6	23,8	0	0,7	3,2	2,4	0,9	1,7	34,6	16500
	2.	5,6	22,9	0	0,1	3,0	2,5	1,3	1,9	37,7	14720
	3.	5,4	23,6	0	0,4	3,2	2,4	1,2	1,2	38,2	14060
5'''	1.	6,2	25,3	0	0,6	4,0	2,7	1,2	1,9	36,0	11870
	2.	6,2	25,2	0	0,1	3,2	2,8	1,0	1,5	37,7	13930
	3.	6,0	25,1	0	0,5	3,6	2,6	1,1	1,5	37,0	11280
Mittelwert:		5,7	24,5	0,01	0,4	3,5	2,6	1,1	1,4	36,8	

Parzelle	Pflanze	Stoma-Index o	Stoma-Index u	Gmk-Index o	Gmk-Index u	Gok-Index o	Gok-Index u	KDr-Index o	KDr-Index u	Palisaden-Index	Blattfläche mm^2
6	1.	7,0	27,9	0,1	0,5	4,9	2,7	1,5	1,6	47,6	10260
(2NPK)	2.	6,7	27,3	0	0,4	3,0	2,4	0,8	1,1	43,2	14410
	3.	6,7	27,1	0,1	0,9	3,5	2,2	1,3	1,1	45,5	13830
6'	1.	6,1	27,6	0,1	0,5	4,1	2,1	1,5	1,3	49,0	11670
	2.	6,6	27,4	0	0,2	3,5	3,4	1,3	1,3	42,6	12100
	3.	6,3	27,4	0	0,3	3,4	2,5	1,4	1,1	45,2	13230
6''	1.	7,2	26,9	0	0,3	3,6	2,7	0,7	1,2	46,1	12120
	2.	7,8	24,8	0	0,3	4,0	2,4	1,2	1,5	47,2	15030
	3.	7,4	27,6	0	0,2	3,2	2,7	1,3	1,8	47,0	13740
6'''	1.	7,0	28,0	0	0,3	3,7	3,1	1,0	1,7	43,1	14870
	2.	7,2	28,0	0	0,1	4,2	3,6	1,5	2,3	44,4	11690
	3.	7,0	28,0	0	0,3	4,4	3,3	1,1	1,9	46,5	10930
Mittelwert:		6,9	27,3	0,02	0,3	3,8	2,7	1,2	1,5	45,6	

Tabelle 63 u. Tabelle 64: Feldversuch 1961. Sippe 43.
Die Indices der Stomata, Palisaden und Trichome

Obere Tabelle: Werte der Pflanze mit der Düngung NPK_2
Untere Tabelle: Werte der Pflanze mit der Düngung 2NPK

Parzelle	Pflanze	Stoma-Index o	Stoma-Index u	Gmk-Index o	Gmk-Index u	Gok-Index o	Gok-Index u	KDr-Index o	KDr-Index u	Palisaden-Index	Blattfläche mm^2
7	1.	7,3	30,2	0,1	0,9	4,5	4,3	2,3	2,1	42,5	12180
(3NPK)	2.	6,8	30,2	0	0,4	4,8	3,6	2,0	2,5	42,2	10030
	3.	6,3	28,0	0	0,4	3,9	2,9	1,9	2,5	43,5	13390
7'	1.	6,4	26,5	0	0,3	3,0	3,2	1,3	1,6	50,5	12780
	2.	6,5	27,2	0,1	0,3	4,0	2,8	1,3	1,5	48,5	14140
	3.	5,7	26,8	0,1	0,3	3,4	2,9	1,1	1,8	45,2	12910
7''	1.	6,4	26,8	0	0,2	4,3	3,5	1,4	2,5	41,2	11970
	2.	7,0	26,3	0	0,3	3,7	2,5	1,5	1,6	43,8	13640
	3.	6,6	26,8	0	0,3	3,7	2,8	1,6	1,8	44,1	11340
7'''	1.	7,6	27,4	0	0,3	4,2	2,9	1,5	1,4	49,0	12940
	2.	7,5	26,9	0	0,4	4,7	3,3	1,6	2,3	47,0	14020
	3.	7,2	26,7	0	0,2	4,7	3,1	1,6	2,2	47,4	11755
Mittelwert:		6,8	27,5	0,02	0,3	4,0	3,1	1,6	1,9	45,4	

Tabelle 65: Feldversuch 1961. Sippe 43.
Die Indices der Stomata, Palisaden und Trichome
Die Werte der Pflanze mit der Düngung 3NPK

5. Die Versuche mit Kurztag und Abkühlung (1961)

Vom 24.8.1961 bis 11.9.1961 wurden von den Pflanzen der Sippe 22, welche im Normal-Langtag, im 6-Stundentag, im 9-Stundentag und im 12-Stundentag, sowie von den Pflanzen, welche im 12-Stundentag mit einer 12-stündigen Nachttemperatur von + 5° C aufgewachsen waren, je 10 Blattpaare untersucht. Es wurde jeweils das 7. und 8. Blatt in basipetaler Folge dazu verwendet.

	Stomata o	Stomata u	Gmk o	Gmk u	Gok o	Gok u	KDr o	KDr u	Palisaden	U:O
Normal-Langtagpfl.	20	189	6	6	20	23	14	16	2550	10,6
6-Stundentag-pflanze	28	168	8	10	19	20	14	16	2400	6,7
9-Stundentag-pflanze	18	180	2	4	26	28	21	24	2550	10,7
12-Stundentag-pflanze	12	176	4	2	22	28	15	20	2480	16,3
12-Stundentag-pflanze (Nachttemp.+5°C)	18	192	2	3	26	31	15	15	2410	13,6
Gesamtmittel:	19	181	4	5	22	26	16	18	2480	11,6

Tabelle 66: Versuche mit Kurztag und Abkühlung 1961. Sippe 22.

Die Anzahl der Stomata, Palisadenparenchymzellen und Trichome pro mm^2.

Die Anzahl der oberseitigen Stomata:

Die Pflanzen aus dem 6-Stundentag weisen eine wesentlich höhere Anzahl von oberseitigen Stomata pro Quadratmillimeter auf als die Pflanzen, welche im Normal-Langtag aufgewachsen sind. Die Werte der Pflanzen aus dem 9-Stundentag und dem 12-Stundentag, sowie die der nachts abgekühlten 12-Stundentagpflanzen, liegen noch unter den Werten der Kontrollpflanzen.

Die Erhöhung der Anzahl der oberseitigen Spaltöffnungen bei den 6-Stundentagpflanzen und deren Verminderung bei den 12-Stundentagpflanzen sind signifikant (siehe Tabelle 68).

Die Anzahl der unterseitigen Stomata:

Die Unterschiede in der Anzahl der Stomata pro mm^2 auf der Unterseite der Blätter sind wesentlich geringer als auf der Blattoberseite. Der Zahlenwert der 6-Stundentagpflanzen liegt um 10 Prozent niedriger als derjenige der Normal-Langtagpflanzen. Die Werte der 9-Stundentagpflanzen liegen dazwischen, während bei den nachts abgekühlten 12-Stundentagpflanzen der Zahlenwert der Normal-Langtagpflanzen wieder erreicht wird. Bei den 6-Stundentagpflanzen ist die Anzahl der unterseitigen Stomata signifikant vermindert, bei den 12-Stundentagpflanzen mit einer Nachttemperatur von + 5° C ist sie signifikant vermehrt, jeweils bezogen auf das arithmetische Gesamtmittel.

Das Verhältnis $\frac{\text{Stomata unterseits}}{\text{Stomata oberseits}}$ besitzt bei den 6-Stundentagpflanzen einen wesentlich niedrigeren Wert als bei den Normal-Langtagpflanzen und bei den 9-Stundentagpflanzen. Die Werte bei den 12-Stundentagpflanzen und den nachts abgekühlten Pflanzen aus dem 12-Stundentag liegen über dem Wert der Kontrollpflanzen.

Die Anzahl der Palisadenparenchymzellen:

Die Anzahl der in der Aufsicht gezählten Palisadenzellen ist bei den 6-Stundentag- und den 12-Stundentagpflanzen, sowie bei den 12-Stundentagpflanzen mit einer Nachttemperatur von + 5° C nur wenig geringer, als bei den Normal-Langtagpflanzen und bei den 9-Stundentagpflanzen.

Diese Unterschiede sind nicht signifikant.

Behaarung:

Die 6-Stundentagpflanzen besitzen auf der Blattoberseite und auf der Blattunterseite eine signifikant vermehrte Anzahl von Gliederhaaren mit Köpfchen. Bei den 12-Stundentagpflanzen ist die Anzahl der unterseitigen Gliederhaare mit Köpfchen signifikant geringer. Sonst bestehen in der Behaarung keine signifikanten Unterschiede (siehe Tabelle 68 und 69).

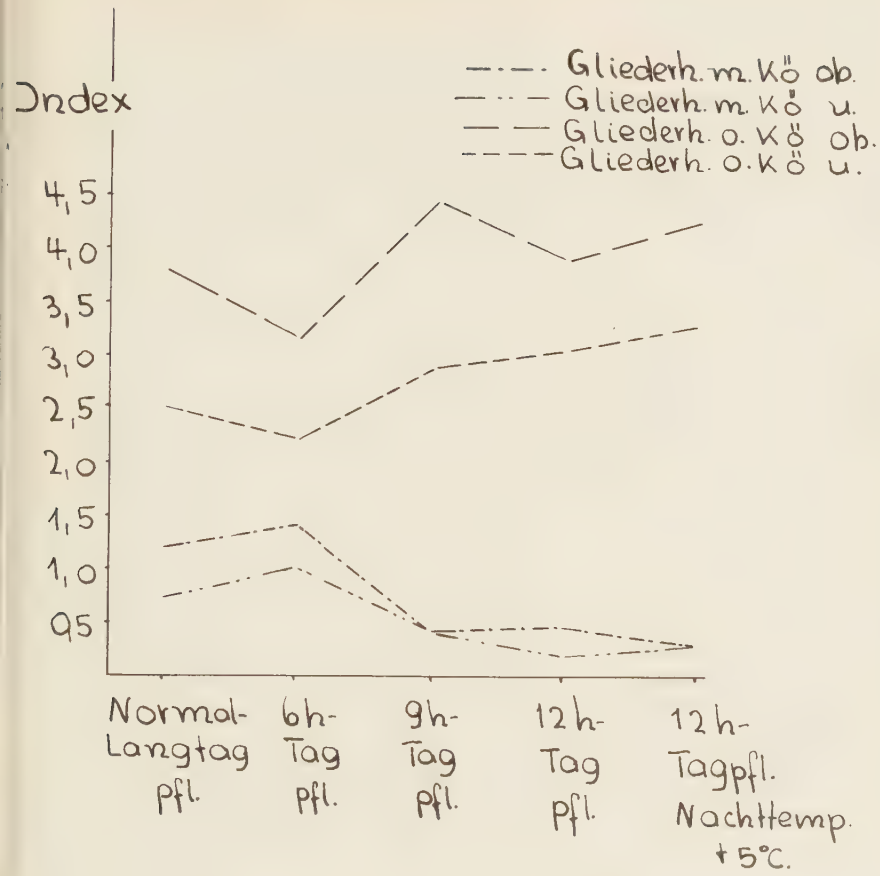

Abb. 25: Die Indices der Gliederhaare mit und ohne Drüsenköpfchen auf Blattober- und Blattunterseite bei Pflanzen, welche bei verschiedener Tageslänge kultiviert worden sind. Versuch 1961. Sippe 22.

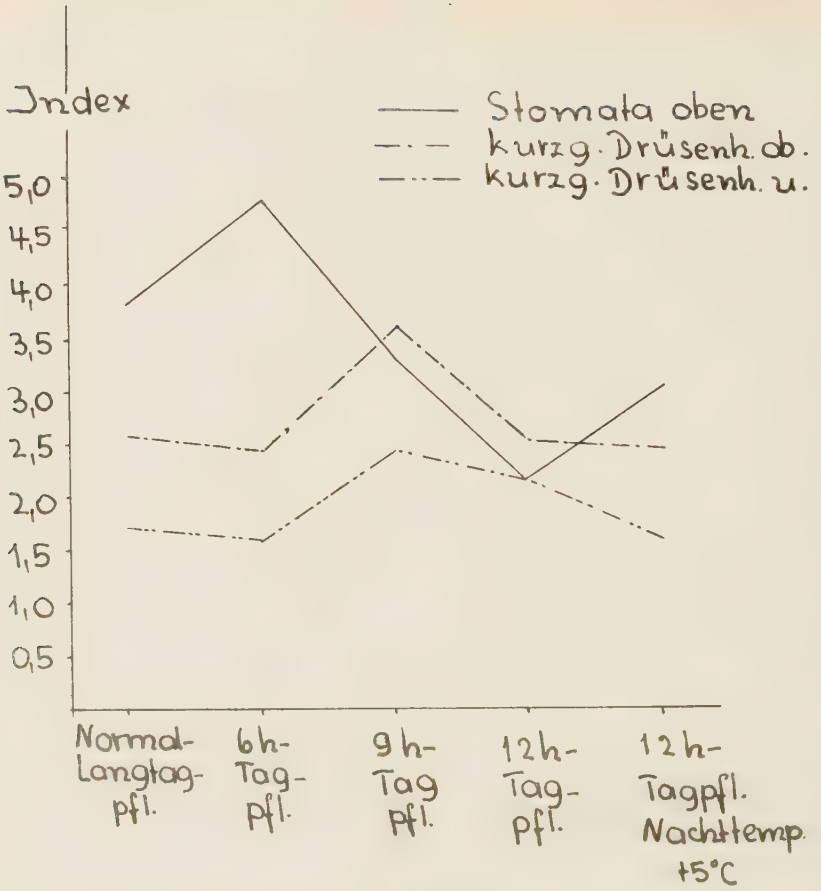

Abb. 26: Die Indices der Spaltöffnungen auf der Blattoberseite und der kurzgestielten Drüsenhaare bei Pflanzen, die bei verschiedener Tageslänge kultiviert worden sind.
Versuch 1961. Sippe 22.

Abb. 26 zeigt die Kurven der oberseitigen Stomaindices und der kurzgestielten Drüsenhaare.

Die Kurve der oberseitigen Stomaindices steigt an von den Normal-Langtagpflanzen zu den 6-Stundentagpflanzen. Sie fällt dann ab über die 9-Stundentagpflanzen zu den 12-Stundentagpflanzen und steigt wieder etwas an zu den 12-Stundentagplanzen mit einer Nachttemperatur von + 5° C.

	Stoma-Index		Gmk-Index		Gok-Index		KDr-Index		Palisaden-Index
	o	u	o	u	o	u	o	u	
Normal-Langtagpfl.	3,8	20,7	1,2	0,7	3,8	2,5	2,6	1,7	49,0
6-Stunden-tagpflanze	4,8	18,6	1,4	1,1	3,2	2,2	2,4	1,6	41,9
9-Stunden-tagpflanze	3,3	18,9	0,4	0,4	4,5	2,9	3,6	2,4	45,1
12-Stunden-tagpflanze	2,2	19,5	0,5	0,2	3,9	3,1	2,5	2,2	43,5
12-Stunden-tagpflanze (Nachttemp. + 5° C)	3,0	21,0	0,3	0,3	4,3	3,3	2,4	1,6	39,2

Tabelle 67: Versuche mit Kurztag und Abkühlung 1961. Sippe 22.

Die Indices der Stomata, Palisadenparenchymzellen und Trichome.

Die Kurven der Indices der ober- und unterseitigen Gliederhaare mit Köpfchen verlaufen ähnlich (siehe Abb. 25). Sie steigen von den Normal-Langtagpflanzen zu den 6-Stundentagpflanzen an, und fallen dann ab über die 9-Stundentag- und die 12-Stundentagpflanzen zu den nachts abgekühlten 12-Stundentagpflanzen (signifikante Unterschiede siehe Tabelle 68).

Bei den Gliederhaaren ohne Köpfchen und bei den kurzgestielten Drüsenhaaren treten keine signifikanten Unterschiede auf (siehe Tabelle 68 und 69); der Verlauf der Kurven auf Ober- und Unterseite des Blattes ist jedoch wiederum ähnlich (siehe Abb. 25 und 26).

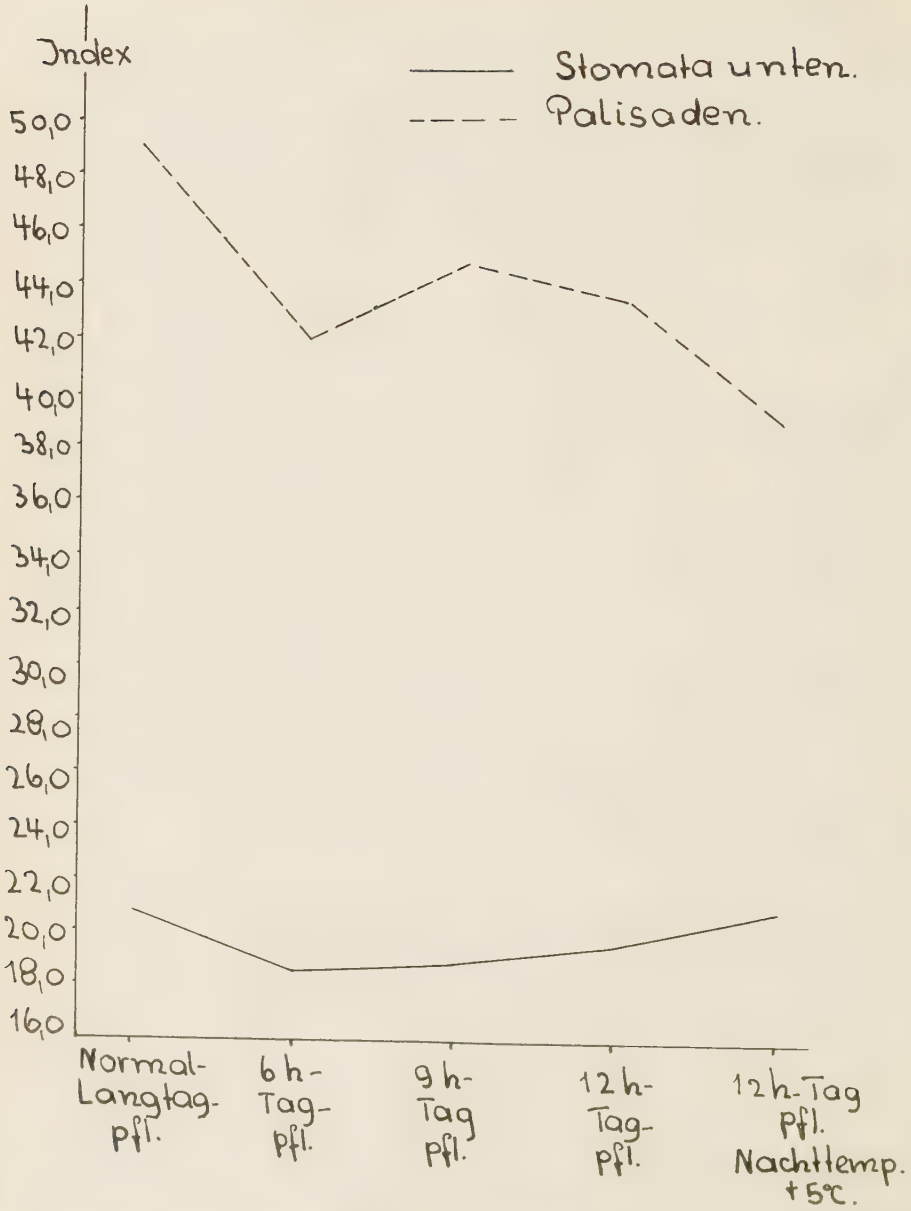

Abb. 24: Die Indices der Spaltöffnungen auf der Blattunterseite und die Indices der Palisadenparenchymzellen bei Pflanzen, die bei verschiedener Tageslänge kultiviert worden sind.
Versuch 1961. Sippe 22.

Die Kurve der unterseitigen Stomaindices in Abb. 24 fällt von den Normal-Langtagpflanzen zu den 6-Stundentagpflanzen leicht ab und steigt über die 9-Stundentagpflanzen und 12-Stundentagpflanzen zu den nachts abgekühlten 12-Stundentagpflanzen nur schwach an.

Im Gegensatz zu der Kurve der unterseitigen Spaltöffnungsindices bei verschieden gedüngten Pflanzen zeigt sie nur sehr geringe Schwankungen.

Die Kurve der Palisadenindices fällt ebenfalls ab von den Normal-Langtagpflanzen zu den 6-Stundentagpflanzen. Dann steigt sie an zu den 9-Stundentagpflanzen und fällt wieder ab zu den nachts abgekühlten 12-Stundentagpflanzen.

Die Spaltöffnungen auf der Blattober- und Blattunterseite

	Oberseite					Unterseite				
	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$t_{\bar{x}\Sigma\bar{x}}$	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$t_{\bar{x}\Sigma\bar{x}}$
Normal-tagpfl.	20	7	1	35,0	1,0	189	12	1	6,3	4,4
6h-Tagpfl.	28	9	1	32,1	6,9	168	12	1	7,1	7,2
9h-Tagpfl.	18	6	1	33,3	1,0	180	10	1	5,5	0,6
12h-Tagpfl.	12	5	1	41,6	7,3	176	12	1	6,9	2,8
12h-Tagpfl. (Nachttemp. + 5° C)	18	8	1	44,4	0,8	192	12	1	6,2	6,1

Die Gliederhaare mit Köpfchen auf der Blattober- und Blattunterseite

	Oberseite					Unterseite				
	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$t_{\bar{x}\Sigma\bar{x}}$	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$t_{\bar{x}\Sigma\bar{x}}$
Normal-tagpfl.	6	5	1	83,3	2,8	6	4	1	66,6	1,5
6h-Tagpfl.	8	4	1	50,0	6,1	10	5	1	50,0	7,1
9h-Tagpfl.	2	4	1	200,0	3,1	4	4	1	100,0	1,5
12h-Tagpfl.	04	04	01	100,0	0	2	2	0	100,0	6,0
12h-Tagpfl. (Nachttemp. + 5° C)	2	2	0	100,0	4,4	3	3	1	100,0	3,6

Die Gliederhaare ohne Köpfchen auf der Blattober- und Blattunterseite

	Oberseite					Unterseite				
	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$t_{\bar{x}\Sigma\bar{x}}$	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$t_{\bar{x}\Sigma\bar{x}}$
Normal-tagpfl.	20	8	1	40,0	1,6	23	7	1	30,4	2,7
6h-Tagpfl.	19	7	1	36,8	2,7	20	9	1	45,0	4,6
9h-Tagpfl.	26	7	1	26,9	3,6	28	7	1	25,0	1,8
12h-Tagpfl.	22	7	1	31,8	0	28	6	1	21,4	2,0
12h-Tagpfl. (Nachttemp. + 5° C)	26	6	1	23,0	4,0	31	7	1	22,5	4,5

Tabelle 68: Versuche mit Kurztag und Abkühlung 1961. Sippe 22.

Die biometrischen Werte der Spaltöffnungen und der Gliederhaare.

Die kurzgestielten Drüsenhaare auf der Blattober- und Blattunterseite

	Oberseite					Unterseite				
	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$t_{\bar{x}\Sigma\bar{x}}$	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$t_{\bar{x}\Sigma\bar{x}}$
Normal-tagpfl.	14	6	1	42,8	2,0	16	6	1	37,5	2,0
6h-Tagpfl.	14	7	1	50,0	1,8	16	7	1	42,5	1,8
9h-Tagpfl.	21	9	1	42,8	4,6	24	11	1	45,8	4,0
12h-Tagpfl.	15	6	1	40,0	1,0	20	6	1	30,0	2,0
12h-Tagpfl. (Nachttemp. + 5° C)	15	5	1	33,3	1,0	15	6	1	40,0	3,0

Die Palisadenparenchymzellen

	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	$t_{\bar{x}\Sigma\bar{x}}$
Normal-tagpfl.	2550	175	54	6,8	1,0
6h-Tagpfl.	2400	83	25	3,4	1,8
9h-Tagpfl.	2550	158	49	6,1	1,1
12h-Tagpfl.	2480	100	31	4,0	0
12h-Tagpfl. (Nachttemp. + 5° C)	2410	43	12	1,8	2,1

Tabelle 69: Versuche mit Kurztag und Abkühlung 1961. Sippe 22.

Die biometrischen Werte der kurzgestielten Drüsenhaare und der Palisadenparenchymzellen.

Pflanze	Stomata o	Stomata u	G m k o	G m k u	G o k o	G o k u	K D r o	K D r u	Palisaden	Epidermis o	Epidermis u	U:O
1.	24	229	5	7	18	25	14	17	2430	544	817	9,5
2.	20	191	2	7	19	20	10	11	2350	444	740	9,5
3.	11	186	6	7	26	27	24	25	2740	504	733	16,9
4.	11	184	4	5	15	23	6	17	2400	473	724	16,7
5.	18	183	0	1	25	25	12	10	2560	540	682	10,1
6.	31	191	1	2	35	35	19	21	2520	548	731	6,1
7.	26	176	8	6	17	22	13	11	2800	491	686	6,7
8.	26	188	11	12	17	21	12	12	2330	491	700	7,2
9.	25	182	7	11	15	17	10	17	2620	477	702	7,2
10.	11	180	19	8	14	21	19	25	2750	495	686	16,3
Mittelwert:	20	189	6	6	20	23	14	16	2550			10,6

Tabelle 70: Sippe 22. Normal - Langtagpflanzen
Die Anzahl der Stomata, Palisaden und Trichome pro mm^2

Pflanze	Stomata o	Stomata u	G m k o	G m k u	G o k o	G o k u	K D r o	K D r u	Palisaden	Epidermis o	Epidermis u	U:O
1.	29	163	9	12	16	24	9	17	2380	511	726	5,6
2.	21	161	5	14	19	21	14	24	2290	573	740	7,6
3.	45	193	7	6	21	20	12	12	2450	544	764	4,3
4.	29	167	7	7	12	11	10	5	2360	486	680	5,7
5.	11	169	15	6	17	21	21	19	2380	500	737	15,3
6.	26	169	5	11	24	19	14	12	2340	515	695	6,5
7.	29	166	10	9	18	20	12	14	2500	611	753	5,7
8.	24	159	12	16	22	21	14	19	2330	597	720	6,6
9.	35	171	10	15	20	27	16	20	2520	573	795	4,8
10.	30	160	6	9	20	21	16	16	2510	557	715	5,3
Mittelwert:	28	168	8	10	19	20	14	16	2400			6,7

Tabelle 71: Sippe 22. 6 - Stundentagpflanzen
Die Anzahl der Stomata, Palisaden und Trichome pro mm^2

Pflanze	Stomata o	Stomata u	G m k o	G m k u	G o k o	G o k u	K D r o	K D r u	Palisaden	Epidermis o	Epidermis u	U:O
1.	16	180	2	2	24	21	19	26	2680	562	760	11,2
2.	16	180	1	5	22	26	17	12	2370	497	715	11,2
3.	25	174	5	6	19	24	11	12	2320	475	715	7,0
4.	27	173	5	9	19	24	17	15	2520	484	762	6,4
5.	21	189	0	2	26	29	25	15	2590	593	804	9,0
6.	19	180	1	2	32	31	12	14	2370	506	717	9,4
7.	17	187	0	2	26	40	26	28	2680	600	842	11,0
8.	14	181	0	11	30	26	27	39	2740	626	911	12,9
9.	9	183	5	6	30	27	29	43	2530	588	751	20,0
10.	19	178	2	0	34	31	26	36	2740	566	762	9,3
Mittelwert:	18	180	2	4	26	28	21	24	2550			10,7

Tabelle 72: Sippe 22. 9 - Stundentagpflanzen
Die Anzahl der Stomata, Palisaden und Trichome pro mm^2

Pflanze	Stomata o	Stomata u	G m k o	G m k u	G o k o	G o k u	K D r o	K D r u	Palisaden	Epidermis o	Epidermis u	U:O
1.	9	191	2	2	17	33	20	26	2660	713	757	21,2
2.	12	179	0	1	29	30	20	20	2590	628	764	15,0
3.	7	173	8	0	24	26	16	17	2540	535	704	24,7
4.	14	173	4	1	25	31	6	11	2450	504	706	12,3
5.	9	180	6	1	24	30	21	19	2530	522	702	20,0
6.	9	175	4	5	17	30	12	26	2400	520	742	19,4
7.	11	181	1	5	26	29	14	20	2440	546	726	16,4
8.	25	168	7	2	19	17	15	11	2360	531	700	6,7
9.	9	169	1	0	22	34	15	30	2460	564	748	18,8
10.	20	180	6	0	21	24	8	25	2350	544	695	9,0
Mittelwert:	12	176	4	2	22	28	15	20	2480			16,3

Tabelle 73: Sippe 22. 12 - Stundentagpflanzen
Die Anzahl der Stomata, Palisaden und Trichome pro mm^2

Pflanze	Stomata o	Stomata u	Gmk o	Gmk u	Gok o	Gok u	KDr o	KDr u	Palisaden	Epidermis o	Epidermis u	U:O
1.	7	200	0	2	26	27	10	12	2460	655	773	28,5
2.	6	201	0	2	27	36	24	24	2370	617	720	33,3
3.	20	199	9	5	24	35	10	12	2410	604	753	9,9
4.	24	187	2	9	19	20	15	10	2360	571	711	7,8
5.	16	192	1	2	25	25	11	11	2420	677	666	12,0
6.	26	183	4	4	25	27	12	19	2390	568	700	7,0
7.	20	189	0	0	30	32	15	10	2340	557	731	9,4
8.	28	189	2	1	29	35	19	19	2470	551	728	6,8
9.	14	187	2	1	31	36	22	11	2430	562	733	13,3
10.	23	197	0	2	29	34	14	20	2430	608	688	8,5
Mittelwert:	18	192	2	3	26	31	15	15	2410			13,6

Tabelle 74: Sippe 22. 12 - Stundentagpflanzen
(Nachttemperatur + 5°C)
Die Anzahl der Stomata, Palisaden und Trichome pro mm^2

Pflanze	Stoma-Index o	Stoma-Index u	Gmk-Index o	Gmk-Index u	Gok-Index o	Gok-Index u	KDr-Index o	KDr-Index u	Palisaden-Index	Blattfläche mm^2
1.	4,2	21,8	0,8	0,5	3,1	2,3	2,4	1,6	42,6	8855
2.	4,2	20,5	0,4	0,7	4,1	2,1	2,1	1,1	51,0	12630
3.	2,1	20,2	1,1	0,7	5,0	2,9	4,6	2,7	53,1	6885
4.	2,3	20,2	0,8	0,5	3,1	2,5	1,2	1,8	49,5	8095
5.	3,2	21,1	0	0,1	4,4	2,8	2,1	1,1	45,7	5605
6.	5,3	20,7	0,1	0,2	6,0	3,8	3,2	2,2	43,4	6195
7.	5,0	20,4	1,5	0,7	3,2	2,5	2,5	1,2	53,8	6220
8.	5,0	21,1	2,1	1,3	3,2	2,3	2,3	1,3	45,0	5985
9.	5,0	20,5	1,4	1,2	3,0	1,9	2,0	1,9	52,1	6590
10.	2,1	20,7	3,7	0,9	2,7	2,4	3,7	2,8	54,3	6930
Mittelwert:	3,8	20,7	1,2	0,7	3,8	2,5	2,6	1,7	49,0	

Tabelle 75: Sippe 22. Normal - Langtagpflanzen
Die Indices der Stomata, Palisaden und Trichome

Pflanze	Stoma-Index o	Stoma-Index u	Gmk-Index o	Gmk-Index u	Gok-Index o	Gok-Index u	KDr-Index o	KDr-Index u	Palisaden-Index	Blattfläche mm^2
1.	5,3	18,3	1,6	1,3	2,9	2,6	1,6	1,9	44,0	5235
2.	3,5	17,9	0,8	1,5	3,1	2,3	2,3	2,6	38,1	3775
3.	7,6	20,1	1,1	0,6	3,5	2,1	2,0	1,2	41,5	4930
4.	5,6	19,7	1,3	0,8	2,3	1,3	1,9	0,5	45,8	4960
5.	2,1	18,6	2,9	0,6	3,3	2,3	4,1	2,1	46,5	5220
6.	4,8	19,5	0,9	1,2	4,4	2,1	2,6	1,3	43,3	4045
7.	4,5	18,0	1,5	0,9	2,8	2,1	1,8	1,5	39,0	6245
8.	3,8	18,0	1,9	1,8	3,5	2,3	2,2	2,1	37,5	4435
9.	5,7	17,7	1,6	1,5	3,3	2,7	2,6	2,0	41,4	5315
10.	5,1	18,3	1,0	1,0	3,4	2,4	2,7	1,8	42,5	4075
Mittelwert:	4,8	18,6	1,4	1,1	3,2	2,2	2,4	1,7	41,9	

Tabelle 76: Sippe 22. 6 - Stundentagpflanzen
Die Indices der Stomata, Palisaden und Trichome

Pflanze	Stoma-Index o	Stoma-Index u	Gmk-Index o	Gmk-Index u	Gok-Index o	Gok-Index u	KDr-Index o	KDr-Index u	Palisaden-Index	Blattfläche mm^2
1.	2,7	19,1	0,3	0,2	4,1	2,2	3,2	2,7	46,2	4835
2.	3,1	20,1	0,2	0,5	4,3	2,9	3,3	1,3	46,1	6120
3.	5,0	19,5	1,0	0,6	3,8	2,6	2,2	1,3	46,4	5990
4.	5,2	18,5	0,9	0,9	3,7	2,5	3,3	1,6	49,4	7590
5.	3,4	19,0	0	0,2	4,2	2,9	4,0	1,5	42,4	6255
6.	3,6	20,0	0,2	0,2	6,0	3,4	2,2	1,5	45,1	7175
7.	2,7	18,1	0	0,2	4,2	3,8	4,2	2,7	43,4	4015
8.	2,2	16,5	0	1,0	4,6	2,3	4,2	3,5	42,8	4655
9.	1,5	19,5	0,8	0,6	5,0	2,9	4,8	4,6	42,1	5535
10.	3,2	18,9	0,3	0	5,7	3,3	4,4	3,8	47,2	5085
Mittelwert:	3,3	18,9	0,4	0,4	4,5	2,9	3,6	2,4	45,1	

Tabelle 77: Sippe 22. 9 - Stundentagpflanzen
Die Indices der Stomata, Palisaden und Trichome

Pflanze	Stoma-Index o	Stoma-Index u	Gmk-Index o	Gmk-Index u	Gok-Index o	Gok-Index u	KDr-Index o	KDr-Index u	Palisaden-Index	Blattfläche mm^2
1.	1,2	20,1	0,3	0,2	2,3	3,4	2,7	2,7	36,9	7820
2.	1,9	18,9	0	0,1	4,5	3,1	3,1	2,1	40,4	7060
3.	1,3	19,7	1,1	0	4,4	2,9	2,9	1,9	47,0	7165
4.	2,7	19,6	0,5	0,1	4,8	3,5	1,1	1,2	47,1	5885
5.	1,7	20,4	0,8	0,1	4,5	3,4	4,0	2,1	47,7	5220
6.	1,7	19,0	0,5	0,5	3,2	3,2	2,2	2,8	45,2	8620
7.	1,9	19,9	0,1	0,5	4,6	3,2	2,5	2,2	43,5	6375
8.	4,4	19,3	0,9	0,2	3,3	1,9	2,6	1,2	42,1	4690
9.	1,6	18,4	0,1	0	3,8	3,7	2,5	3,2	43,9	5395
10.	3,5	20,5	0,8	0	3,7	2,7	1,4	2,8	41,6	7475
Mittelwert:	2,2	19,5	0,5	0,2	3,9	3,1	2,5	2,2	43,5	

Tabelle 78: Sippe 22. 12 - Stundentagpflanzen
Die Indices der Stomata, Palisaden und Trichome

Pflanze	Stomata-Index o	Stomata-Index u	Emk-Index o	Emk-Index u	Gok-Index o	Gok-Index u	Kdr-Index o	Kdr-Index u	Palisaden-Index	Blattfläche mm²
1.	1,0	20,5	0	0,2	3,9	2,8	1,5	1,2	37,2	3590
2.	0,9	21,8	0	0,2	4,3	3,1	3,8	2,6	38,4	3015
3.	3,2	20,9	1,4	0,5	3,8	3,6	1,6	1,2	38,8	3915
4.	4,0	20,7	0,3	1,0	3,1	2,2	2,5	1,1	39,3	3735
5.	2,3	22,3	0,1	0,2	3,6	2,9	1,5	1,2	35,0	4735
6.	4,3	20,7	0,6	0,4	4,1	3,0	2,0	2,1	40,2	2825
7.	3,4	20,5	0	0	5,2	3,4	2,6	1,0	40,2	3175
8.	4,8	20,6	0,3	0,1	5,0	3,8	3,2	2,0	42,5	3350
9.	2,4	20,3	0,3	0,1	5,3	3,9	3,7	1,2	41,8	3360
10.	3,6	22,2	0	0,2	4,6	3,8	2,2	2,2	38,5	2685
Mittelwert:	3,0	21,0	0,3	0,3	4,3	3,3	2,4	1,6	39,2	

Tabelle 79: Sippe 22. 12 - Stundentagpflanzen
(Nachttemperatur + 5° C)
Die Indices der Stomata, Palisaden und Trichome

II. Die anatomische Struktur des Mesophylls

Himmelbauer und Zwillinger (1927) zogen zur anatomischen Beschreibung der Blätter verschiedener Digitalisarten auch den Blattquerschnitt heran. Sie verglichen dabei nicht die absoluten Dimensionen der Zellen der oberen Epidermis, der Palisadenparenchymzellen und der Zellen des Schwammparenchyms, sondern bildeten Verhältniszahlen aus den Meßwerten.

Diese Relationen vermögen weiteren Aufschluß über den Bau der physiologisch wichtigen Gewebe des Blattes zu geben. Deshalb benutzte ich sie zur anatomischen Charakterisierung der Blätter von Digitalispflanzen einer Sippe, die unter verschiedenen Umweltbedingungen aufgewachsen waren.

Wie in der Einleitung beschrieben, wurden Querschnittspräparate der Digitalisblätter hergestellt und vermessen. Aus den Meßwerten errechnete ich folgende Relationen:

$$\frac{\text{Höhe der Palisaden}}{\text{Breite d.Palisaden}}\ ,\quad \frac{\text{Blattdicke}}{\text{Höhe der Palisaden}}\ ,$$

$$\frac{\text{Schwammparenchym}}{\text{Palisadenparenchym}}\ ,\quad \frac{\text{Durchmesser der oberen Epidermiszellen}}{\text{Breite der Palisaden}}\ .$$

Die Zufälligkeit der einzelnen Meßwerte - etwa durch die großen Unterschiede im Durchmesser der Epidermiszellen - wird durch die große Zahl von Messungen ausgeglichen.

War das Palisadenparenchym aus mehreren Schichten zusammengesetzt, so wurde die Gesamthöhe der Schichten sowie die Breite der Palisaden in der Mitte der übereinanderliegenden Zellen gemessen.

1. Die Kultur in Mitscherlichtöpfen im Jahr 1960

Von vier, in einigen Fällen von drei Pflanzen jeder Düngestufe wurden die schon zu Flächenschnitten verwendeten Blätter untersucht (vom 30.8. - 15.9.1960). Die erhaltenen Werte der Relationen gehen auf 320 bzw. 240 Meßwerte (bei der Höhe der Zellen der oberen und der unteren Epidermis sowie bei der Blattdicke nur auf 160 bzw. 120 Meßwerte) zurück (siehe Einleitung).

Düngestufe	Blattdicke in mm	Zahl der Schichten von Palisaden
A/1	0,27	2 - 3
A/2	0,24	2 - 3
A/3	0,28	2 - 3
A/4	0,25	2, selten 3
B/1	0,17	1
B/2	0,21	1 - 2
B/3	0,22	1 - 2
B/4	0,23	1, selten 2
B/5	0,23	1 - 2
C/1	0,25	2
C/2	0,23	2
C/3	0,24	1 - 2
C/4	0,24	1, selten 2
C/5	0,25	1, selten 2

Tabelle 80: Kultur in Mitscherlichtöpfen 1960. Sippe 03.

Der Bau des Blattes.

Die Tabelle 80 zeigt, daß die Pflanzen der Düngereihe A, also die Pflanzen mit der höchsten Stickstoffdüngung, die höchsten Werte für die Dicke des Blattes und größte Zahl von Palisadenschichten aufweisen.

$\frac{\text{Höhe der Palisaden}}{\text{Breite der Palisaden}}$: Wie aus Tabelle 81 und Abb. 27 zu ersehen ist, erreicht bei den Blättern der Düngestufen A/1 und A/3 die Relation $\frac{\text{Höhe der Palisaden}}{\text{Breite der Palisaden}}$ die höchsten Zahlenwerte, während die entsprechenden Werte bei A/2 und A/4 wesentlich niedriger liegen. Die Düngestufen A/3 und A/4 unterscheiden sich von den Stufen A/1 und A/2 nur durch eine verdoppelte Grunddüngung von Phosphat und Kalium.

In der Phosphatdüngereihe B wird bei der Düngestufe B/3 (2,0 g P_2O_5 pro Mitscherlichtopf), in der Kaliumdüngereihe C bei der Düngestufe C/3 der höchste Wert erreicht (3,75 g K_2O pro Mitscherlichtopf).

Düngestufe	Höhe der Palisaden	Blatt- dicke / Höhe der Palisaden	Schwamm- parenchym / Palisaden- parenchym	Durchm.d. eb. Epid. / Breite d. Palisaden
A/1 (1,75 g N)	6,7 ± 0,1	1,9 ± 0,1	0,6 ± 0,1	1,9 ± 0,1
A/2 (3,0 g N)	5,8 ± 0,1	2,0 ± 0,1	0,7 ± 0,1	1,8 ± 0,1
A/3 (3,75 g N)	6,9 ± 0,1	1,9 ± 0,1	0,6 ± 0,1	1,9 ± 0,1
A/4 (5,0 g N)	5,5 ± 0,1	2,0 ± 0,1	0,6 ± 0,1	1,9 ± 0,1
B/1 (0,5 g P_2O_5)	4,7 ± 0,1	2,3 ± 0,1	0,9 ± 0,1	1,6 ± 0,1
B/2 (1,0 g P_2O_5)	5,2 ± 0,1	2,0 ± 0,1	0,6 ± 0,1	1,9 ± 0,1
B/3 (2,0 g P_2O_5)	5,7 ± 0,1	2,0 ± 0,1	0,6 ± 0,1	1,9 ± 0,1
B/4 (3,0 g P_2O_5)	5,4 ± 0,1	2,0 ± 0,1	0,7 ± 0,1	1,6 ± 0,1
B/5 (5,0 g P_2O_5)	5,2 ± 0,1	2,1 ± 0,1	0,8 ± 0,1	1,7 ± 0,1
C/1 (1,25 g K_2O)	5,6 ± 0,1	2,0 ± 0,1	0,7 ± 0,1	1,8 ± 0,1
C/2 (2,5 g K_2O)	5,6 ± 0,1	2,0 ± 0,1	0,6 ± 0,1	1,8 ± 0,1
C/3 (3,75 g K_2O)	6,3 ± 0,1	1,9 ± 0,1	0,6 ± 0,1	1,9 ± 0,1
C/4 (5,0 g K_2O)	5,7 ± 0,1	2,0 ± 0,1	0,7 ± 0,1	1,9 ± 0,1
C/5 (7,5 g K_2O)	5,6 ± 0,1	2,1 ± 0,1	0,8 ± 0,1	1,9 ± 0,1

Tabelle 81: Kultur in Mitscherlichtöpfen 1960. Sippe 03. Der Bau des Mesophylls.

Die Streckung der Palisaden ist am geringsten bei der Düngestufe B/1 mit der niedrigsten Phosphatgabe. - Über die Düngestufe B/2 steigt die Kurve der Palisadenstreckung auf zur Stufe B/3, um zu B/4 und B/5 hin wieder abzusinken.

In der Kaliumsteigerungsreihe C steigt die Kurve der Palisadenstreckung von den Düngestufen C/1 und C/2 zur Stufe C/3 an. Sie sinkt dann wieder ab nach C/4 und C/5.

Blattdicke / Höhe der Palisaden: In der Düngereihe A ist der Zahlenwert dieser Relation, welche den Anteil des Palisadenparenchyms an der Gesamtdicke des Blatte angibt, nahezu konstant.

Bei der Düngestufe B/1 ist der Wert dieser Relation infolge der geringen Streckung der Palisaden größer als bei den Düngestufen mit höheren Phosphatgaben.

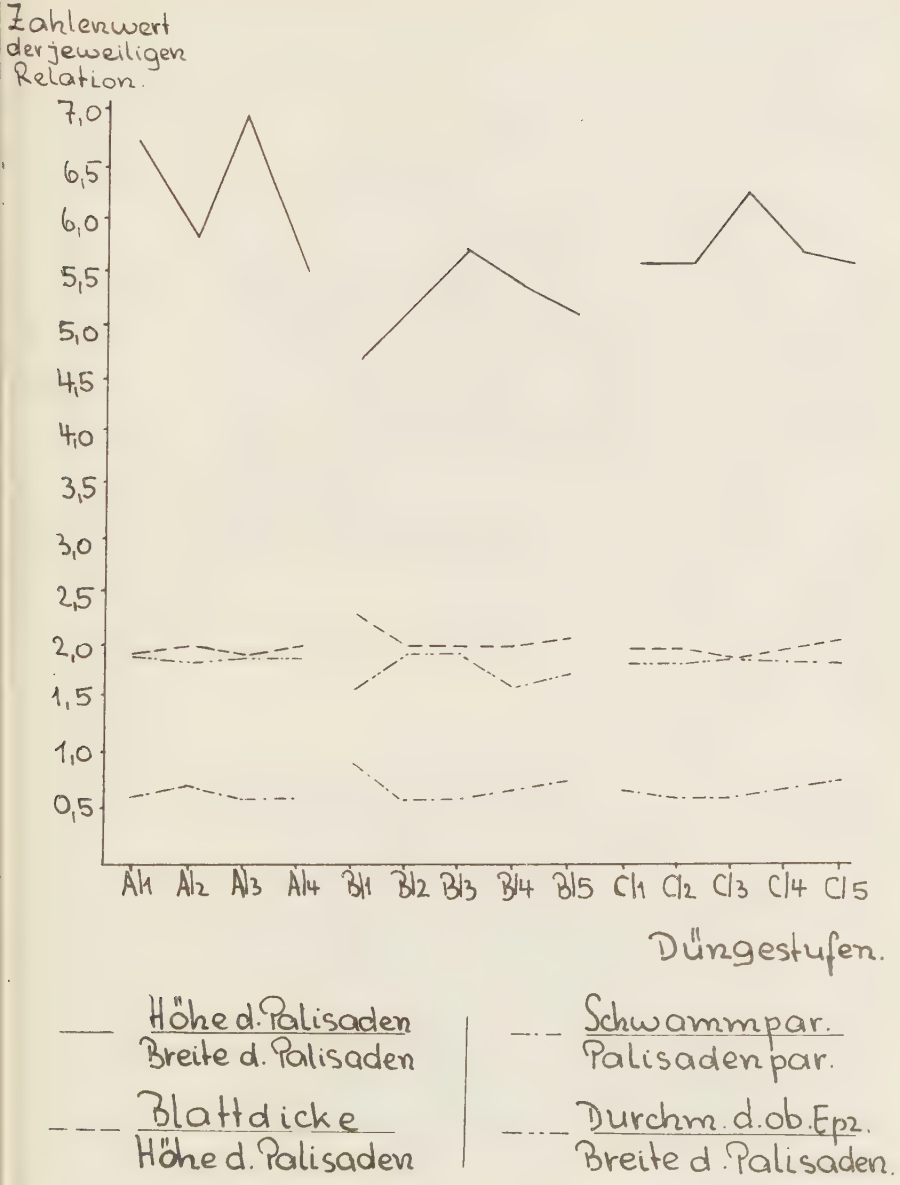

Abb. 27: Der Bau des Mesophylls bei verschieden gedüngten Pflanzen.
Kultur in Mitscherlichtöpfen 1960. Sippe 03.

In der Düngereihe C bestehen keine nennenswerten Unterschiede.

$\frac{\text{Schwammparenchym}}{\text{Palisadenparenchym}}$: Die Düngestufen B/1, B/5 und C/5, welche niedrige Werte der Palisadenstreckung besitzen, weisen entsprechend höhere Werte des Verhältnisses $\frac{\text{Schwammparenchym}}{\text{Palisadenparenchym}}$ auf.

Bei allen übrigen Düngestufen bestehen nur geringe Unterschiede. Daraus geht hervor, daß die Streckung der Palisaden die Verhältniszahlen $\frac{\text{Blattdicke}}{\text{Höhe der Palisaden}}$ und $\frac{\text{Schwammparenchym}}{\text{Palisadenparenchym}}$ bestimmt.

$\frac{\text{Durchmesser der oberen Epidermisz.}}{\text{Breite der Palisaden}}$: Die niedrigsten Zahlenwerte treten auf bei den Pflanzen mit der niedrigsten (Düngestufe B/1) und mit der höchsten Phosphatgabe (Düngestufe B/5). Bei diesen Pflanzen bedecken 10 Zellen der oberen Epidermis des Blattes 16 bzw. 17 Palisaden, während bei den Pflanzen aller übrigen Düngestufen durch 10 Zellen der oberen Epidermis 18 bis 19 Palisaden bedeckt werden.

Die Streckung der Palisaden kann also wesentlich erhöht werden bei hohen Stickstoffgaben, auch bei gleichzeitig erhöhter Grunddüngung.

In der Phosphatsteigerungsreihe B wird bei der mittleren Phosphatgabe von 2,0 g P_2O_5 pro Mitscherlichtopf, in der Kaliumdüngereihe C bei der mittleren Kaliumgabe von 3,75 g K_2O pro Mitscherlichtopf der jeweils höchste Wert der Palisadenstreckung erreicht. Bei diesen Düngestufen (B/3 und C/3) ist der Palisadenindex geringer als bei den höchsten Phosphat- und Kaliumgaben. Das heißt, daß bei mittleren Phosphat- und Kaliumgaben Streckung und Durchmesser der Palisaden größer sind als bei den höchsten Phosphat- und Kaliumgaben.

Dasselbe, nämlich große Streckung und gleichzeitig großer Durchmesser der Palisaden, tritt in der Stickstoffreihe A bei der Düngestufe A/1 auf (3,75 g N bei einfacher Grund-

düngung von Phosphat und Kalium). Bei derselben Stickstoffgabe und verdoppelter Grunddüngung von Phosphat und Kalium (Düngestufe A/3) weisen die Palisaden dagegen eine große Streckung und gleichzeitig einen geringen Durchmesser auf.

Abb. 28: Pflanze der Düngestufe A/2
(5,0 g N / 2,5 g K_2O / 2,0 g P_2O_5)

Abb. 29: Pflanze der Düngestufe A/4
(5,0 g N / 5,0 g K_2O / 4,0 g P_2O_5)

Abb. 30: Pflanze der Düngestufe B/1
(0,5 g P_2O_5 / 2,5 g N / 2,5 g K_2O)

Abb. 31: Pflanze der Düngestufe B/5
(5,0 g P_2O_5 / 2,5 g N / 2,5 g K_2O)

Abb. 32: Pflanze der Düngestufe C/1
(1,25 g K_2O / 2,5 g N / 2,0 g P_2O_5)

Abb. 33: Pflanze der Düngestufe C/5
(7,5 g K_2O / 2,5 g N / 2,0 g P_2O_5)

2. Der Feldversuch 1960

In der Zeit vom 13.6. - 25.6.1960 wurden pro Parzelle 3 Blattpaare von Pflanzen der Sippe 09 untersucht. Für jede Düngungsart wurden von 12 Blattpaaren 960 Meßwerte (bei der Höhe der Epidermiszellen sowie bei der Gesamtdicke des Blattes 480 Meßwerte) erhalten. Diese ergaben die Relationen (siehe Einleitung).

Abb. 34a: Pflanze der Sippe 09.

Die Dicke der Blätter betrug zwischen 0,28 und 0,29 mm. Sie bleibt also unter allen untersuchten Bedingungen annähernd konstant. - Ebenso wiesen alle Blätter 2 bis 3 Schichten Palisadenparenchymzellen auf, die Blätter mit der doppelten Phosphatdüngung (NP_2K) überwiegend 3 Schichten.

Höhe der Palisaden / Breite der Palisaden: Tabelle 82 und Abb. 34 machen deutlich, daß jede Düngung einen Anstieg der Streckung der Palisaden zur Folge hat. Der höchste Wert wird bei der doppelten Stickstoffdüngung N_2PK erreicht.

Die Palisadenstreckung ist bei der einfachen Grunddüngung NPK, der doppelten Phosphatdüngung NP_2K und der doppelten Kalidüngung NPK_2 annähernd gleich. Die doppelte Grunddüngung 2NPK bewirkt nur eine geringe Steigerung der Palisadenstrekkung gegenüber den ungedüngten Pflanzen.

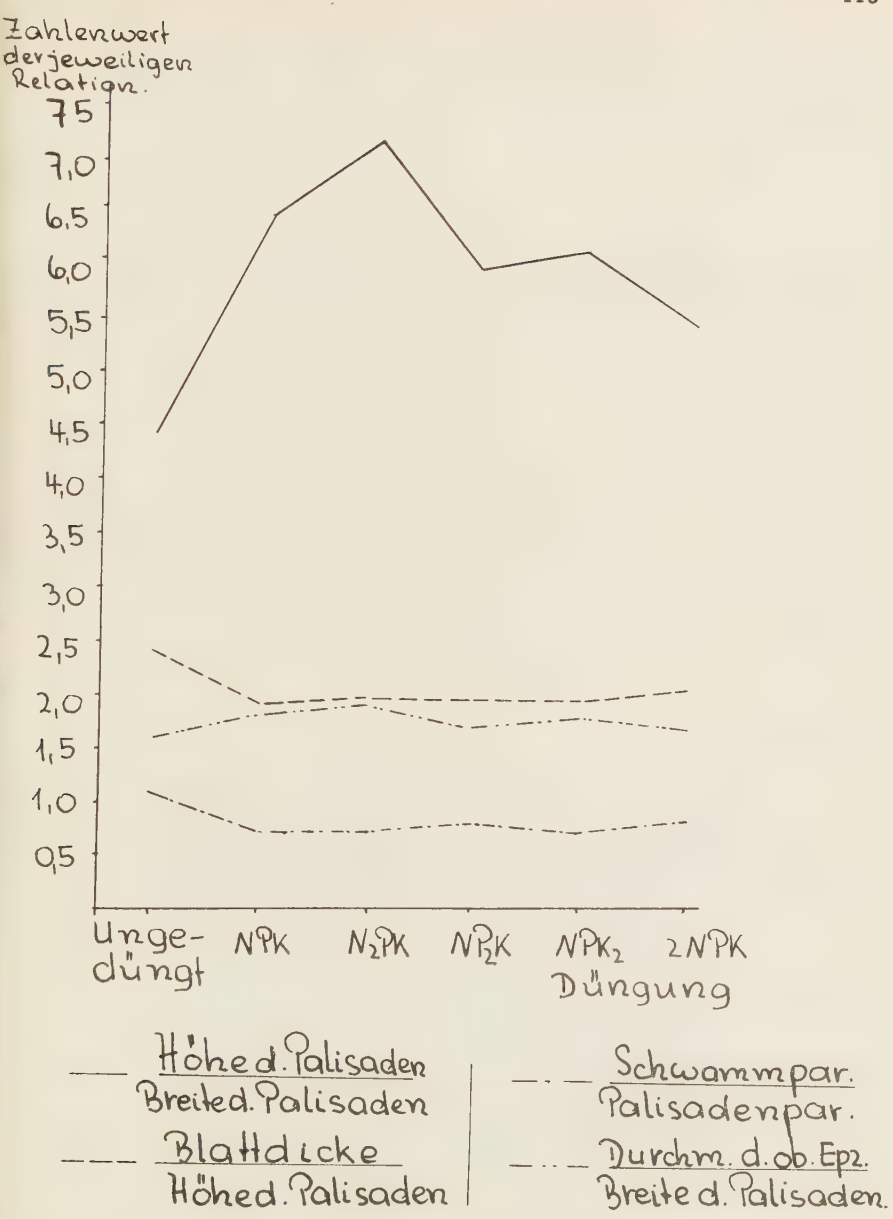

Abb. 34: Der Bau des Mesophylls bei verschieden gedüngten Pflanzen.
Feldversuch 1960. Sippe 09.

Die Kurve der Palisadenstreckung steigt an von "Ungedüngt" zu der doppelten Stickstoffdüngung N_2PK, fällt ab zur doppelten Phosphatdüngung NP_2K, steigt leicht an zur doppelten Kalidüngung NPK_2 und fällt wieder ab zur doppelten Grunddüngung 2NPK.

Düngestufe	Höhe der Palisaden / Breite d. Palisaden	Blattdicke / Höhe der Palisaden	Schwammparenchym / Palisadenparenchym	Durchm.d. ob. Epz. / Breite d. Palisaden
Ungedüngt (Parz.1)	4,4 ± 0,1	2,4 ± 0,1	1,1 ± 0,1	1,6 ± 0,1
NPK (Parz.2)	6,5 ± 0,2	1,9 ± 0,1	0,7 ± 0,1	1,8 ± 0,1
N_2PK (Parz.3)	7,2 ± 0,2	2,0 ± 0,1	0,7 ± 0,1	1,9 ± 0,1
NP_2K (Parz.4)	6,0 ± 0,2	2,0 ± 0,1	0,8 ± 0,1	1,7 ± 0,2
NPK_2 (Parz.5)	6,2 ± 0,1	2,0 ± 0,1	0,7 ± 0,1	1,8 ± 0,1
2NPK (Parz.6)	5,5 ± 0,2	2,1 ± 0,1	0,8 ± 0,1	1,7 ± 0,1

Tabelle 82: Feldversuch 1960. Sippe 09.
Der Bau des Mesophylls.

Mittelwerte aus den je 4 Parzellen gleicher Düngung.

Blattdicke / Höhe der Palisaden: Bei dieser Relation weisen die Pflanzen der ungedüngten Parzelle und der Parzelle mit der doppelten Grunddüngung 2NPK, infolge der geringen Streckung ihrer Palisaden, die höchsten Werte auf (da die Blattdicke konstant bleibt, siehe oben). Die Werte bei den übrigen Düngergaben sind unter sich gleich.

Schwammparenchym / Palisadenparenchym: Auch in dieser Relation kommt die größere Streckung der Palisaden bei den gedüngten Pflanzen zum Ausdruck. Die Werte sind bei den gedüngten Pflanzen insgesamt wesentlich niedriger als bei den ungedüngten Pflanzen.

Durchmesser der oberen Epidermisz. / Breite der Palisaden: Die Pflanzen mit der doppelten Stickstoffdüngung N_2PK weisen bei dieser Relation einen wesentlich höheren Wert auf als die ungedüngten Pflanzen. Bei den Pflanzen mit der Düngung N_2PK bedecken 10 Zellen der oberen Epidermis

19 Palisaden, bei den ungedüngten Pflanzen 16 Palisaden. Bei allen übrigen Pflanzen bedecken 10 Zellen der oberen Epidermis 17 bis 18 Palisaden.

3. Der Feldversuch 1961

Düngung	Höhe der Palisaden / Breite d. Palisaden	Blattdicke / Höhe der Palisaden	Schwamm-parenchym / Palisaden-parenchym	Durchm.d. ob. Epz. / Breite d. Palisaden
Ungedüngt (Parz.1)	4,3 ± 0,2	2,4 ± 0,1	1,0 ± 0,1	1,6 ± 0,1
NPK (Parz.2)	6,4 ± 0,1	2,0 ± 0,1	0,7 ± 0,1	2,0 ± 0,1
N_2PK (Parz.3)	7,2 ± 0,2	1,9 ± 0,1	0,7 ± 0,1	2,0 ± 0,1
NP_2K (Parz.4)	6,0 ± 0,1	2,0 ± 0,1	0,7 ± 0,1	1,9 ± 0,1
NPK_2 (Parz.5)	6,2 ± 0,2	2,0 ± 0,1	0,7 ± 0,1	1,9 ± 0,1
2NPK (Parz.6)	5,5 ± 0,1	2,0 ± 0,1	0,8 ± 0,1	1,8 ± 0,1
3NPK (Parz.7)	5,5 ± 0,2	2,1 ± 0,1	0,85± 0,1	1,8 ± 0,1

Tabelle 83: Feldversuch 1961. Sippe 43.
Der Bau des Mesophylls.

Mittelwerte aus den je 4 Parzellen gleicher Düngung.

Abb.35a: Pflanzen der Sippe 43.

Im Jahr 1961 wurden, in der gleichen Weise wie im Vorjahr, Pflanzen der Sippe 43 untersucht (vom 19.6. bis 3.7.). Die Blätter wiesen wiederum eine konstante Blattdicke auf. Die

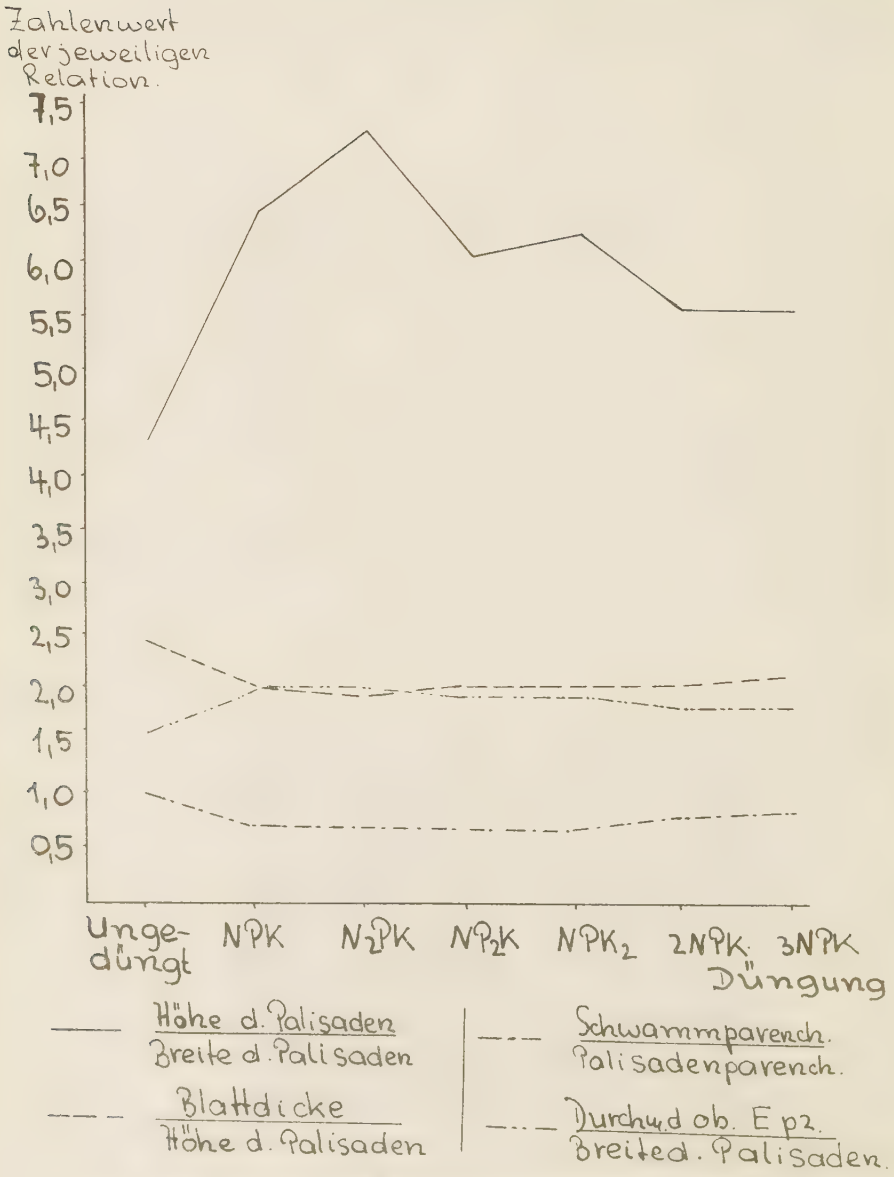

Abb. 35: Der Bau des Mesophylls bei verschieden gedüngten Pflanzen.
Feldversuch 1961. Sippe 43.

Die Kurven verlaufen nahezu gleich wie beim Versuch im Jahr 1960 mit Pflanzen der Sippe 09 (siehe Abb. 34).

Blätter der ungedüngten Pflanzen besaßen ein 2-schichtiges, die Blätter aller gedüngten Pflanzen ein 2 - 3-schichtiges Palisadenparenchym.

Die im Jahr 1961 an Pflanzen der Sippe 43 erhaltenen Zahlenwerte sind nahezu identisch mit den Werten, welche 1960 an Pflanzen der Sippe 09 gefunden wurden. Allein bei der Relation $\frac{\text{Durchmesser der ob. Epidermisz.}}{\text{Breite der Palisaden}}$ sind die Unterschiede nennenswert.

Hier weisen die Pflanzen mit der einfachen Grunddüngung NPK und mit der doppelten Stickstoffdüngung N_2PK einen wesentlich höheren Wert auf, als die ungedüngten Pflanzen. Die Werte bei den übrigen Düngungsarten liegen dazwischen. - Bei den Pflanzen mit der doppelten Stickstoffdüngung N_2PK bedekken 10 Zellen der oberen Epidermis 20 Palisaden, bei den ungedüngten Pflanzen nur 16 Palisaden.

Bei keiner Relation sind Unterschiede zwischen den Pflanzen mit der doppelten und mit der dreifachen Grunddüngung festzustellen (siehe Abb. 35).

Bei den ungedüngten Pflanzen weisen die Palisaden die geringste Streckung und den größten Durchmesser auf. Die stark gestreckten Palisaden bei der doppelten Stickstoffdüngung N_2PK haben gleichzeitig den geringsten Durchmesser.

In den beiden Jahren brachte die Untersuchung verschiedener Sippen nahezu die gleichen Ergebnisse. Die verschiedene Düngung wirkt sich also bei den verschiedenen Sippen trotz ihrer anatomischen Unterschiede in gleicher Weise aus.

4. Die Versuche mit Kurztag und Abkühlung 1960

Im Jahr 1960 wurden vom 21.7. - 3.8. die Blattquerschnitte von je 10 Blattpaaren (das jeweils 7. und 8. Blatt in basipetaler Folge), welche von Pflanzen der Sippe 03 aus dem Kurztag- und Abkühlversuch stammten, untersucht.

Die Zahlenwerte der Relationen sind berechnet aus 800 Meßwerten, bzw. aus 400 Meßwerten (bei der Höhe der Epidermiszellen und bei der Blattdicke; siehe Einleitung).

	Blattdicke in mm	Zahl der Schichten von Palisaden
Normal-Langtagpfl.	0,24	2, selten 1
6-Stundentagpfl.	0,18	1
9-Stundentagpfl.	0,20	1, selten 2
12-Stundentagpfl.	0,20	2
12-Stundentagpfl. (Nachttemp.+5°C)	0,21	2, selten 1

Tabelle 84: Versuche mit Kurztag und Abkühlung 1960. Sippe 03.
Der Bau des Blattes.

Tabelle 84 zeigt, daß bei den Pflanzen der Sippe 03, welche im 6-Stundentag aufgewachsen sind, die Dicke des Blattes wesentlich geringer ist als bei den Pflanzen aus dem Normal-Langtag. Ebenso ist die Blattdicke auch bei den übrigen Kurztagpflanzen und den nachts abgekühlten 12-Stundentagpflanzen geringer als bei den Normal-Langtagpflanzen.

Die Blätter der 6-Stundentagpflanzen und der 9-Stundentagpflanzen besitzen nur 1 Schicht von Palisadenzellen, während bei allen übrigen Blättern 2 Schichten von Palisaden ausgebildet sind.

Abb. 36: Links eine Normal-Langtagpflanze, rechts eine 6-Stundentagpflanze (Sippe 03)

Abb. 37: Links eine Normal-Langtagpflanze, rechts eine 9-Stundentagpflanze (Sippe 03)

Die Abbildungen 36 und 37 zeigen deutlich den Unterschied zwischen den Langtagpflanzen und den 6-Stundentag- bzw. 9-Stundentagpflanzen. Bei jenen sind die Blätter auffallend weißgrün bis gelbgrün gefärbt, im Wachstum sind sie aber nicht gegenüber den Langtagpflanzen zurückgeblieben. Im Gegenteil, die 9-Stundentagpflanze erscheint wüchsiger und kräftiger als die Normal-Langtagpflanze.

Abb. 39: Links eine nachts auf +5°C abgekühlte 12-Stundentagpflanze, rechts eine 12-Stundentagpflanze (Sippe 03)

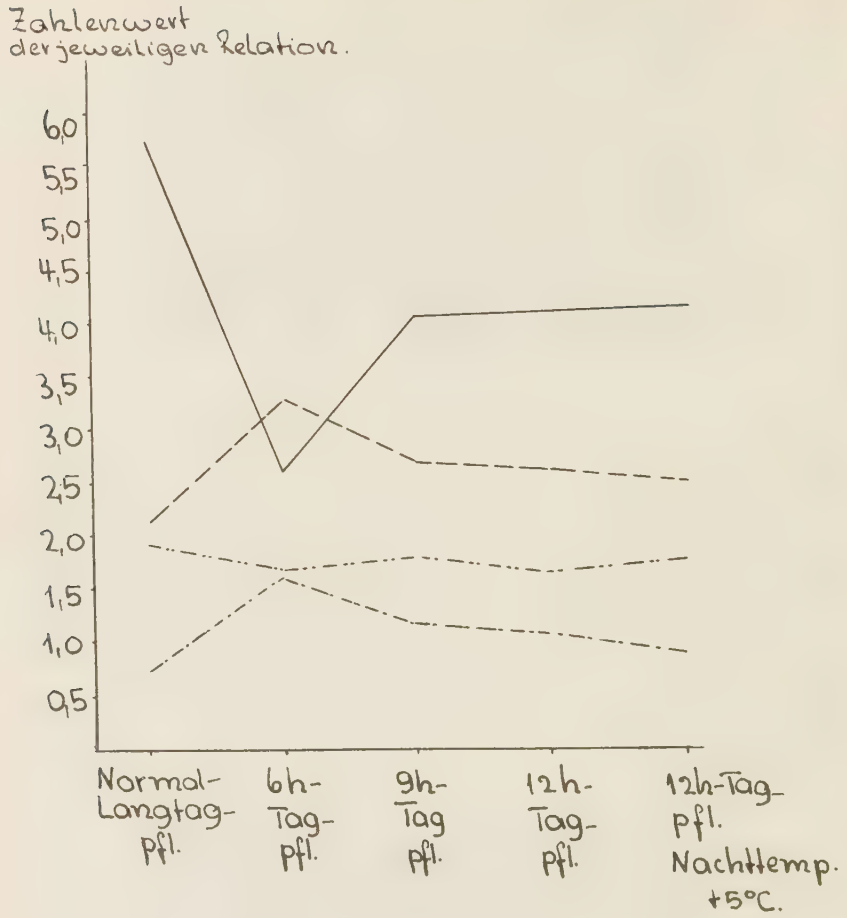

Abb. 38: Der Bau des Mesophylls bei Pflanzen, welche bei verschiedener Tageslänge kultiviert worden sind. Versuch 1960. Sippe 03.

Die 12-Stundentagpflanzen mit einer Nachttemperatur von +5° C erscheinen in ihrem Wachstum gehemmt, während im 12-Stundentag die Pflanzen eine normale Grünfärbung und normale Wachstumsverhältnisse zeigen.

	Höhe der Palisaden / Breite d. Palisaden	Blattdicke / Höhe der Palisaden	Schwamm-parenchym / Palisaden-parenchym	Durchm.d. ob. Epz. / Breite d. Palisaden
Normal-Langtagpfl.	5,7 ± 0,1	2,1 ± 0,1	0,7 ± 0,1	1,9 ± 0,1
6-Stundentagpfl.	2,6 ± 0,1	3,3 ± 0,2	1,6 ± 0,1	1,7 ± 0,1
9-Stundentagpfl.	4,0 ± 0,1	2,7 ± 0,1	1,2 ± 0,1	1,8 ± 0,1
12-Stundentagpfl.	4,0 ± 0,1	2,6 ± 0,1	1,1 ± 0,1	1,7 ± 0,1
12-Stundentagpfl. (Nachttemp.+5°C)	4,1 ± 0,1	2,5 ± 0,1	0,9 ± 0,1	1,8 ± 0,1

Tabelle 85: Versuche mit Kurztag und Abkühlung 1960. Sippe 03.
Der Bau des Mesophylls.

Höhe der Palisaden / Breite der Palisaden: Bei den Pflanzen aus dem 6-Stundentag ist die Streckung der Palisaden nur etwa halb so groß wie bei den Normal-Langtagpflanzen. Auch die Pflanzen aus dem 9-Stundentag und aus dem 12-Stundentag, sowie die nachts abgekühlten 12-Stundentagpflanzen weisen bei dieser Relation niedrigere Werte auf als die Normal-Langtagpflanzen. Diese liegen jedoch höher als bei den 6-Stundentagpflanzen (siehe Tabelle 85 und Abb. 38).

Blattdicke / Höhe der Palisaden: Entsprechend der sehr geringen Streckung der Palisaden ist der Wert dieser Relation bei den 6-Stundentagpflanzen am höchsten. Den niedersten Wert besitzen die Normal-Langtagpflanzen, der stärksten Streckung der Palisaden entsprechend. Die Werte der übrigen Pflanzen liegen dazwischen.

Schwammparenchym / Palisadenparenchym: Entsprechend der stärksten Palisadenstreckung ist auch hier der Wert bei den Normal-Langtagpflanzen am niedrigsten. Er wird aber na-

hezu erreicht bei den nachts abgekühlten 12-Stundentagpflanzen. Die 6-Stundentagpflanzen weisen wiederum den höchsten Wert auf, was bedeutet, daß bei ihnen das Palisadenparenchym im Verhältnis zum Schwammparenchym schwächer ausgebildet ist, als bei allen anderen untersuchten Pflanzen.

Bei der Relation $\frac{\text{Durchmesser der oberen Epidermisz.}}{\text{Breite der Palisaden}}$ ist kein deutlicher Unterschied zu erkennen. Bei den Normal-Langtagpflanzen bedecken 10 Zellen der oberen Epidermis 19 Palisaden, bei allen anderen Pflanzen nur 17 bis 18 Palisaden.

5. Die Versuche mit Kurztag und Abkühlung 1961

Abb. 40: Pflanzen des Kurztagversuchs 1961 (Herkunft "22")
Auf der Abb. sind von links nach rechts eine nachts auf +5°C abgekühlte 12-Stundentagpflanze, eine gelbgrüngefärbte 6-Stundentagpflanze, eine 9-, eine 12-Stundentagpflanze und eine Normal-Langtagpflanze zu erkennen.

Im Jahr 1961 wurden der Kurztagversuch und die Abkühlversuche mit Pflanzen der Sippe 22 wiederholt. Vom 2.9.1961 bis 13.9.1961 wurden je 10 Blattpaare untersucht.

Wie Tabelle 86 zeigt, sind die Unterschiede in der Dicke der Blätter bei den Pflanzen der Sippe 22 ähnlich wie bei den im Vorjahr untersuchten Pflanzen der Sippe 03. Nur erreichen hier die Blätter der 9-Stundentagpflanzen nahezu denselben Wert wie die Blätter der Normal-Langtagpflanzen.

Die 6-Stundentagpflanzen besitzen 1, selten 2 Schichten Palisadenzellen, die Palisaden der Normal-Langtagpflanzen sind 2 - 3-schichtig, die der übrigen Pflanzen sind 2-schichtig.

	Blattdicke in mm	Zahl der Schichten von Palisaden
Normal-Langtagpfl.	0,26	2 - 3
6-Stundentagpfl.	0,17	1, selten 2
9-Stundentagpfl.	0,24	2
12-Stundentagpfl.	0,21	2
12-Stundentagpfl. (Nachttemp.+5°C)	0,21	2

Tabelle 86: Versuche mit Kurztag und Abkühlung 1961. Sippe 22.
Der Bau des Blattes.

Wie Tabelle 87 und Abb. 41 zeigen, sind die Zahlenwerte der Relationen sehr ähnlich den Werten, die im Vorjahr bei den Pflanzen der Sippe 03 gefunden wurden.

	Höhe der Palisaden / Breite d. Palisaden	Blattdicke / Höhe der Palisaden	Schwamm-parenchym / Palisaden-parenchym	Durchm.d. ob. Epz. / Breite d. Palisaden
Normal-Langtagpfl.	5,3 ± 0,1	2,3 ± 0,1	0,9 ± 0,1	2,1 ± 0,1
6-Stundentagpfl.	2,6 ± 0,1	3,5 ± 0,1	1,9 ± 0,1	1,6 ± 0,1
9-Stundentagpfl.	4,0 ± 0,1	2,6 ± 0,1	1,1 ± 0,1	2,1 ± 0,1
12-Stundentagpfl.	4,2 ± 0,1	2,3 ± 0,1	1,0 ± 0,1	2,1 ± 0,1
12-Stundentagpfl. (Nachttemp.+5°C)	4,1 ± 0,1	2,4 ± 0,1	1,0 ± 0,1	1,9 ± 0,1

Tabelle 87: Versuche mit Kurztag und Abkühlung 1961. Sippe 22.
Der Bau des Mesophylls.

Höhe der Palisaden / Breite der Palisaden: Bei den 6-Stundentagpflanzen ist die Streckung der Palisaden nur halb so groß wie bei den Normal-Langtagpflanzen. Die Werte für die übrigen Pflanzen sind fast identisch mit den im Vorjahr gefundenen Werten.

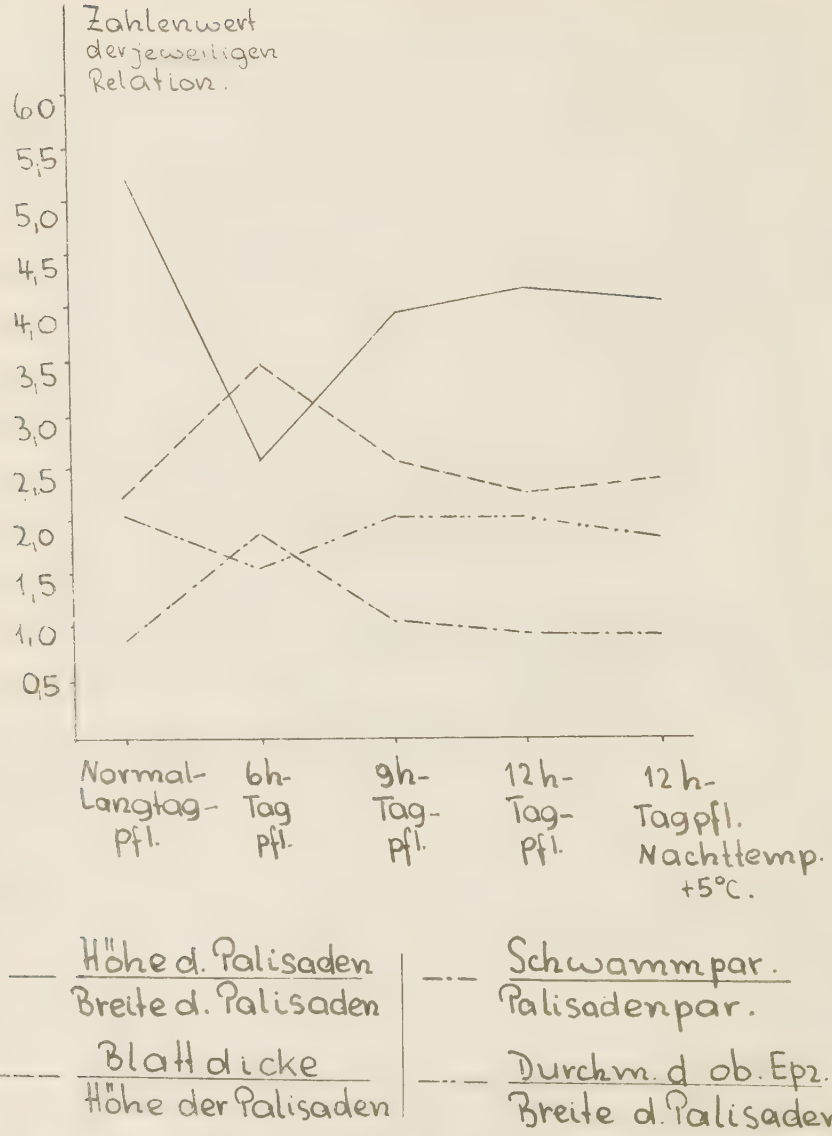

Abb. 41: Der Bau des Mesophylls bei Pflanzen, welche bei verschiedener Tageslänge kultiviert worden sind. Versuch 1961. Sippe 22.

Die Kurven zeigen annähernd denselben Verlauf wie bei den Pflanzen der Sippe 03 aus dem Parallelversuch des Jahres 1960 (siehe Abb. 38).

$\frac{\text{Blattdicke}}{\text{Höhe der Palisaden}}$: Infolge der sehr geringen Streckung der Palisaden bei den 6-Stundentagpflanzen, ist der Wert bei diesen am höchsten. Außerdem ist nur noch der Zahlenwert der 9-Stundentagpflanzen gegenüber dem der Normal-Langtagpflanzen deutlich erhöht.

Ebenso liegt bei der Relation $\frac{\text{Schwammparenchym}}{\text{Palisadenparenchym}}$ nur der Wert der 6-Stundentagpflanzen wesentlich über dem Wert der Normal-Langtagpflanzen. Dies bedeutet wiederum, daß die 6-Stundentagpflanzen ein im Verhältnis zum Schwammparenchym schwächer ausgebildetes Palisadenparenchym besitzen als die übrigen Pflanzen.

$\frac{\text{Durchmesser der ob. Epidermisz.}}{\text{Breite der Palisaden}}$: Bei den 6-Stundentagpflanzen treffen weniger Palisaden auf eine Zelle der oberen Epidermis als bei den Normal-Langtagpflanzen. Bei diesen bedecken 10 Zellen der oberen Epidermis 21 Palisaden, bei den 6-Stundentagpflanzen aber nur 16 Palisaden.

Die Palisaden der 6-Stundentagpflanzen weisen gleichzeitig eine geringere Streckung und einen größeren Durchmesser auf als die Palisaden der im Normal-Langtag aufgewachsenen Pflanzen.

Aus den Versuchsergebnissen beider Jahre geht hervor, daß Digitalispflanzen, welche in einem verkürzten Tag aufwachsen, eine weit geringere Streckung der Palisaden aufweisen, als Pflanzen aus dem Normal-Langtag. Dabei ist der Einfluß des 6-Stundentages am stärksten; 9-Stundentag, 12-Stundentag und 12-Stundentag mit einer Nachttemperatur von + 5° C wirken sich annähernd gleich aus.

Auch bei der verschiedenen Tageslänge treten in beiden Jahren bei den verschiedenen untersuchten Sippen dieselben Unterschiede auf.

6. Die Rosettenreihenuntersuchung von Pflanzen aus dem Kurztag- und Abkühlversuch 1960 (Sippe 03)

Um Aufschluß über die Entwicklung des Blattes unter dem Einfluß verschiedener Beleuchtungsbedingungen zu erhalten, wurden vom 30.7.1960 bis 10.8.1960 jeweils alle Blätter einer Rosette in basipetaler Folge untersucht. Begonnen wurde beim 5. Blatt in basipetaler Folge. Dieses war das erste Blatt, welches genügend ausdifferenziert war, um genaue Messungen zuzulassen. An jedem der 4 Querschnittspräparate (siehe Einleitung) wurden an 2 Stellen je 10 bzw. 5 Messungen durchgeführt, so daß sich pro Blatt 80 bzw. 40 Meßwerte ergaben.

$\frac{\text{Höhe der Palisaden}}{\text{Breite der Palisaden}}$: Tabelle 88 und Abb. 42 zeigen, daß bei den Normal-Langtagpflanzen der höchste Wert der Palisadenstreckung erst beim 10. Blatt in basipetaler Folge erreicht wird. Vom 6. zum 7. Blatt ist der Anstieg der Palisadenstreckung sprunghaft. Er setzt sich dann bis zum 10. Blatt hin langsam fort.

Die 9-Stundentagpflanzen, die 12-Stundentagpflanzen und die 12-Stundentagpflanzen mit einer Nachttemperatur von +5°C erreichen die höchste Streckung der Palisaden, welche wesentlich geringer ist als bei den Normal-Langtagpflanzen, schon beim 7. Blatt in basipetaler Folge. Vom 7. Blatt an bleibt dieser Wert dann konstant.

Bei den 6-Stundentagpflanzen nimmt die Streckung der Palisaden vom 5. zum 6. Blatt relativ ebenso schnell zu wie bei den 9-Stundentag- und den Normal-Langtagpflanzen. Vom 6. Blatt setzt sie sich nur langsam bis zum 9. Blatt fort und bleibt weit hinter den Werten aller übrigen Pflanzen zurück.

Die Zahlenwerte der Relationen $\frac{\text{Blattdicke}}{\text{Höhe der Palisaden}}$ und $\frac{\text{Schwammparenchym}}{\text{Palisadenparenchym}}$ werden entscheidend bestimmt von der Höhe der Palisaden. Deshalb liegen diese Werte bei allen Pflanzen, welche im verkürzten Tag kultiviert werden, höher als bei den Normal-Langtagpflanzen, am höchsten bei den 6-Stundentagpflanzen.

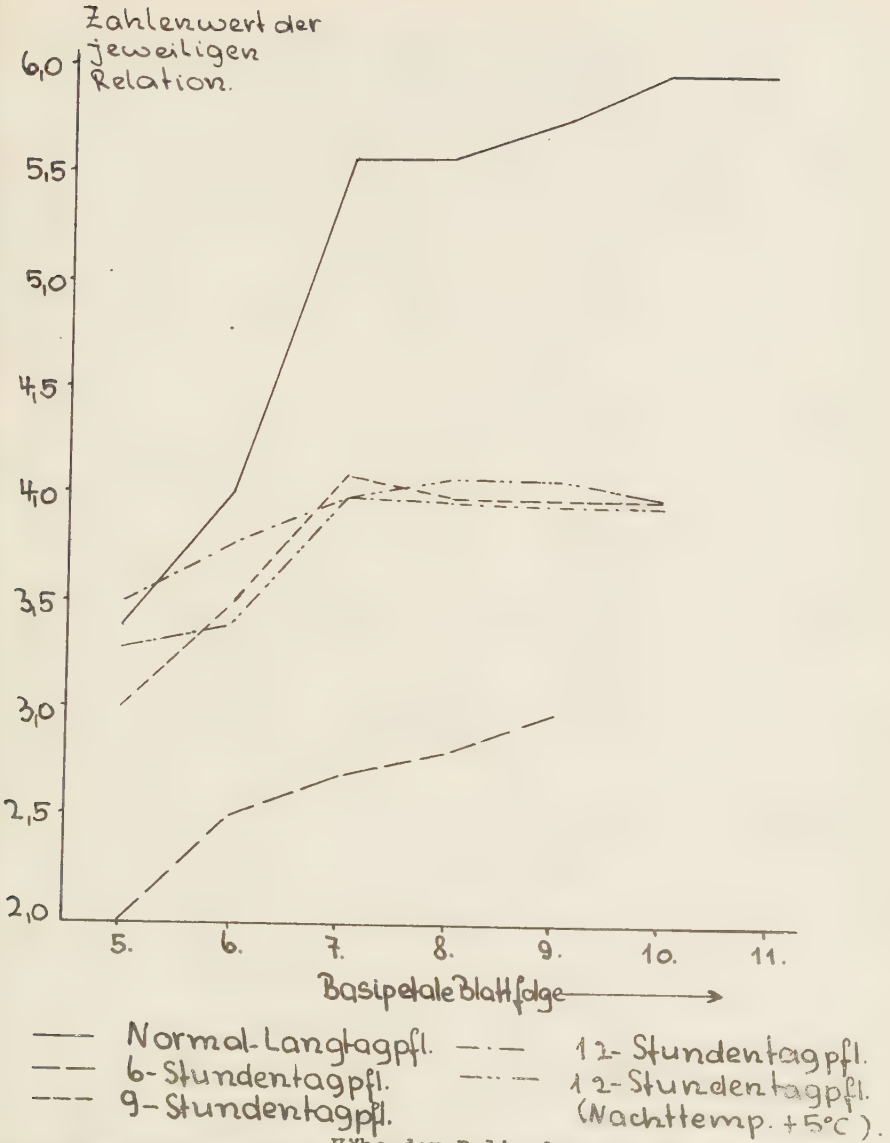

Abb. 42: Das Verhältnis $\frac{\text{Höhe der Palisaden}}{\text{Breite der Palisaden}}$ bei den Rosettenblättern (in basipetaler Blattfolge) von Pflanzen, welche bei verschiedener Tageslänge kultiviert worden sind.
Versuch 1960. Sippe 03. Erklärung im Text.

	Basipetale Blattfolge	Höhe der Palisaden / Breite d. Palisaden	Blattdicke / Höhe der Palisaden	Schwammparenchym / Palisadenparenchym	Durchm.d. ob. Epz. / Breite d. Palisaden
Normal-Langtagpflanze	5.	3,4 ± 0,1	3,3 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,7 ± 0,1
	6.	4,0 ± 0,1	2,5 ± 0,1	0,9 ± 0,1	1,7 ± 0,1
	7.	5,6 ± 0,1	2,2 ± 0,1	0,8 ± 0,1	2,0 ± 0,1
	8.	5,6 ± 0,1	2,2 ± 0,1	0,7 ± 0,1	2,0 ± 0,1
	9.	5,8 ± 0,1	2,1 ± 0,1	0,7 ± 0,1	1,9 ± 0,1
	10.	6,0 ± 0,1	2,1 ± 0,1	0,7 ± 0,1	2,0 ± 0,1
	11.	6,0 ± 0,1	2,1 ± 0,1	0,7 ± 0,1	2,0 ± 0,1
6-Stundentagpflanze	5.	2,0 ± 0,1	4,5 ± 0,1	2,4 ± 0,1	1,5 ± 0,1
	6.	2,5 ± 0,1	3,3 ± 0,1	1,5 ± 0,1	1,6 ± 0,1
	7.	2,7 ± 0,1	3,4 ± 0,2	1,6 ± 0,1	1,9 ± 0,2
	8.	2,8 ± 0,1	3,3 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,9 ± 0,2
	9.	3,0 ± 0,1	3,3 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,8 ± 0,1
9-Stundentagpflanze	5.	3,0 ± 0,1	3,7 ± 0,1	2,0 ± 0,1	1,6 ± 0,1
	6.	3,5 ± 0,1	3,0 ± 0,1	1,3 ± 0,1	1,9 ± 0,1
	7.	4,1 ± 0,1	3,0 ± 0,1	1,4 ± 0,2	1,9 ± 0,2
	8.	4,0 ± 0,2	3,0 ± 0,1	1,3 ± 0,1	2,0 ± 0,1
	9.	4,0 ± 0,1	3,0 ± 0,1	1,4 ± 0,1	2,1 ± 0,2
	10.	4,0 ± 0,1	3,0 ± 0,1	1,4 ± 0,1	1,9 ± 0,1
12-Stundentagpflanze	5.	3,5 ± 0,1	3,0 ± 0,1	1,5 ± 0,1	1,7 ± 0,1
	6.	3,8 ± 0,1	2,5 ± 0,1	1,0 ± 0,1	1,8 ± 0,1
	7.	4,0 ± 0,1	2,3 ± 0,1	0,9 ± 0,1	1,8 ± 0,1
	8.	4,0 ± 0,1	2,5 ± 0,1	1,0 ± 0,1	1,7 ± 0,1
	9.	4,0 ± 0,1	2,5 ± 0,1	1,0 ± 0,1	1,7 ± 0,1
	10.	4,0 ± 0,1	2,4 ± 0,1	1,0 ± 0,1	1,7 ± 0,1
12-Stundentagpflanze (Nachttemp. + 5° C)	5.	3,3 ± 0,1	3,2 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,7 ± 0,1
	6.	3,4 ± 0,1	3,1 ± 0,1	1,5 ± 0,1	1,6 ± 0,1
	7.	4,0 ± 0,2	3,0 ± 0,1	1,5 ± 0,1	1,9 ± 0,2
	8.	4,1 ± 0,1	2,6 ± 0,1	1,1 ± 0,1	1,8 ± 0,1
	9.	4,1 ± 0,1	2,5 ± 0,1	1,0 ± 0,1	1,8 ± 0,1
	10.	4,0 ± 0,1	2,4 ± 0,1	0,9 ± 0,1	1,8 ± 0,1

Tabelle 88: Versuche mit Kurztag und Abkühlung 1960. Sippe 03.

Der Bau des Mesophylls bei den Rosettenblättern (in basipetaler Folge) von Pflanzen, welche bei verschiedener Tageslänge kultiviert worden sind.

Vom 7. oder 8. Blatt in basipetaler Folge an ändern sich diese Zahlenverhältnisse nicht mehr.

Bei der Relation $\frac{\text{Durchmesser der ob. Epidermisz.}}{\text{Breite der Palisaden}}$ lassen sich während der Entwicklung des Blattes ebenso wenig deutliche Unterschiede feststellen wie bei den ausgewachsenen Blättern (siehe Tabelle 85).

C. Die Form der Rosettenblätter von Digitalispflanzen, welche unter verschiedenen Ernährungs-, Temperatur- und Beleuchtungsbedingungen aufgewachsen sind.

Bei den untersuchten Pflanzen wurden die Blätter jeweils einer Rosette in basipetaler Folge, vom 3. oder 4. Blatt an, gemessen, wie in der Einleitung beschrieben. Aus den so erhaltenen Meßwerten wurden die Verhältnisse

$$\frac{\text{Länge der Blattspreite}}{\text{Breite der Blattspreite}} \quad \text{und} \quad \frac{\text{Länge der Blattspreite}}{\text{Lange des Blattstiels}}$$

gebildet.

1. Die Kultur in Mitscherlichtöpfen

Vom 27.8.1960 bis 5.9.1960 wurden pro Düngestufe an 15 bis 20 Rosetten, unter denen sich auch Seitenrosetten befanden, die Messungen vorgenommen.

Das Ergebnis liegt in den Tabellen 89 und 90 sowie in den Abbildungen 43 und 44 vor.

Es seien zuerst die Zahlenwerte der Relation $\frac{\text{Länge der Blattspreite}}{\text{Breite der Blattspreite}}$ betrachtet.

Der Zahlenwert bei den Blättern einer Rosette nimmt stets vom jüngsten bis zum ältesten gemessenen Blatt ab. Bei den jüngeren Blättern überwiegt also das Längenwachstum der Blattspreite, während mit zunehmendem Alter das Digitalisblatt relativ mehr in die Breite als in die Länge wächst. Dies gilt für alle untersuchten Pflanzen, welcher Sippe diese auch angehören und unter welchen Umweltbedingungen sie auch aufgewachsen sind.

In der Stickstoffdüngereihe A nimmt das Verhältnis $\frac{\text{Länge der Blattspreite}}{\text{Breite der Blattspreite}}$ von der Düngestufe A/1 zur Düngestufe A/4, also von den Pflanzen niederer zu den Pflanzen höherer Stickstoffdüngung hin, ab.

In der Phosphatdüngereihe B nimmt der Zahlenwert zunächst zu von der Düngestufe B/1 zur Düngestufe B/2, um dann aber mit dem weiteren Anstieg der Phosphatdüngung abzunehmen.

In der Kaliumreihe C findet ein Anstieg des Zahlenwerts zu der Düngestufe C/3 (3,75 g K_2O pro Mitscherlichtopf) statt. Jedoch weisen auch hier die Pflanzen mit noch höheren Kaliumgaben niedrigere Werte auf.

Von diesem An- oder Absteigen der Zahlenwerte sind in den meisten Fällen alle Rosettenblätter gleich betroffen. Abb. 43 macht die hohen Zahlenwerte der Relation bei der Düngestufe A/1 deutlich. Bei den Düngestufen B/1 und A/4 liegen die Werte niedriger.

Die Zahlenwerte der Relation $\frac{\text{Länge der Blattspreite}}{\text{Länge des Blattstiels}}$ nehmen in der Düngereihe A von A/1 nach A/4 ab, ebenso werden sie in der Phosphatreihe B niedriger mit steigenden Phosphatgaben.

In der Kaliumdüngereihe C steigen sie zunächst bis zur Düngestufe C/3 (3,75 g K_2O pro Mitscherlichtopf), erreichen aber bei den Pflanzen mit den höchsten Kaliumgaben wieder niedrigere Werte.

Das Verhältnis $\frac{\text{Länge der Blattspreite}}{\text{Länge des Blattstiels}}$ ist bei den Düngestufen mit den höchsten und den niedersten Düngergaben so verschieden, daß sich die Kurven dieser Werte selten überschneiden. Ihr Abstand zueinander ändert sich jedoch unregelmäßig während der Entwicklung des Blattes (siehe Abb. 44).

Die Abbildung 44 verdeutlicht, daß die Werte bei der Düngestufe B/1 (0,5 g P_2O_5 pro Mitscherlichtopf) weit höher liegen als bei den Düngestufen A/1 (3,75 g N bei einfacher Grunddüngung) und C/5 (7,5 g K_2O pro Mitscherlichtopf).

In allen 3 Düngereihen nimmt, von wenigen Ausnahmen abgesehen, mit steigenden Düngergaben die Breite der Blattspreite im Verhältnis zur Länge der Blattspreite und die Länge des Blattstiels im Verhältnis zur Länge der Blattspreite zu.

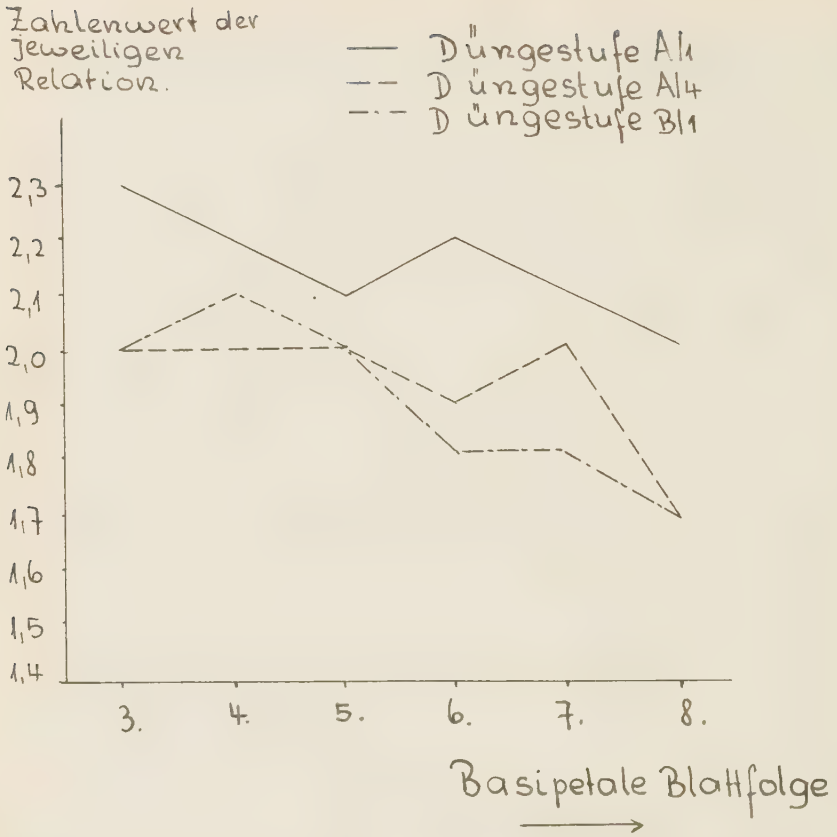

Abb. 43: Das Verhältnis $\frac{\text{Länge der Blattspreite}}{\text{Breite der Blattspreite}}$ bei den Rosettenblättern (in basipetaler Folge) von Pflanzen der Düngestufen A/1, A/4 und B/1.
Kultur in Mitscherlichtöpfen 1960. Sippe 03.

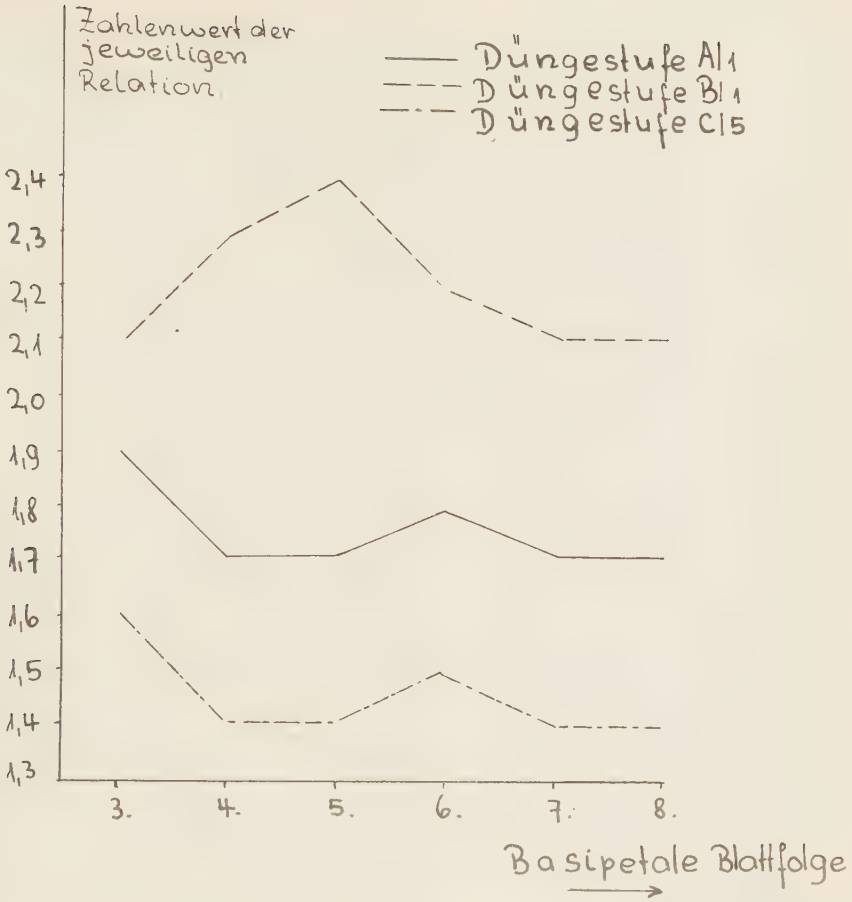

Abb. 44: Das Verhältnis $\frac{\text{Länge der Blattspreite}}{\text{Länge des Blattstiels}}$ bei den Rosettenblättern (in basipetaler Blattfolge) von Pflanzen der Düngestufen A/1, B/1 und C/5.
Kultur in Mitscherlichtöpfen 1960. Sippe 03.

Bei der Düngestufe B/1 (niederste Phosphatgabe) liegen die Zahlenwerte der Relation wesentlich höher als bei den zwei anderen Düngestufen.

Düngestufe	Basipetale Blattfolge → 3.	4.	5.	6.	7.	8.
A/1 (3,75 g N)	2,3 ± 0,2	2,2 ± 0,2	2,1 ± 0,2	2,2 ± 0,1	2,1 ± 0,1	2,0 ± 0,1
A/2 (5,0 g N)	2,3 ± 0,1	2,0 ± 0,1	1,9 ± 0,1	1,9 ± 0,1	2,0 ± 0,1	1,9 ± 0,1
A/3 (3,75 g N)	2,1 ± 0,2	2,0 ± 0,2	2,0 ± 0,1	1,9 ± 0,1	1,9 ± 0,1	1,8 ± 0,1
A/4 (5,0 g N)	2,0 ± 0,1	2,0 ± 0,2	2,0 ± 0,2	1,9 ± 0,1	2,0 ± 0,2	1,7 ± 0,1
B/1 (0,5 g P_2O_5)	2,0 ± 0,1	2,1 ± 0,2	2,0 ± o,1	1,8 ± 0,1	1,8 ± 0,2	1,7 ± 0,1
B/2 (1,0 g P_2O_5)	2,3 ± 0,1	2,2 ± 0,2	2,2 ± 0,1	2,1 ± 0,1	2,0 ± 0,2	2,0 ± 0,2
B/3 (2,0 g P_2O_5)	2,2 ± 0,2	2,1 ± 0,1	2,2 ± 0,2	2,1 ± 0,2	1,9 ± 0,1	1,8 ± 0,1
B/4 (3,0 g P_2O_5)	2,1 ± 0,1	2,1 ± 0,1	2,1 ± 0,2	1,9 ± 0,2	1,9 ± 0,2	1,7 ± 0,1
B/5 (5,0 g P_2O_5)	2,1 ± 0,1	2,0 ± 0,1	2,0 ± 0,2	1,9 ± 0,2	1,8 ± 0,1	1,9 ± 0,2
C/1 (1,25 g K_2O)	2,3 ± 0,2	2,2 ± 0,1	2,1 ± 0,2	1,9 ± 0,2	2,0 ± 0,2	2,0 ± 0,2
C/2 (2,5 g K_2O)	2,3 ± 0,1	2,1 ± 0,1	2,2 ± 0,2	2,1 ± 0,2	2,0 ± 0,1	2,0 ± 0,1
C/3 (3,75 g K_2O)	2,5 ± 0,2	2,4 ± 0,1	2,3 ± 0,1	2,3 ± 0,2	2,0 ± 0,1	2,1 ± 0,2
C/4 (5,0 g K_2O)	2,4 ± 0,2	2,3 ± 0,2	2,2 ± 0,1	2,2 ± 0,1	1,9 ± 0,1	2,0 ± 0,1
C/5 (7,5 g K_2O)	2,2 ± 0,1	2,2 ± 0,1	2,2 ± 0,2	2,0 ± 0,2	2,0 ± 0,1	2,0 ± 0,1

Tabelle 89: Kultur in Mitscherlichtöpfen 1960. Sippe 03.

Das Verhältnis $\frac{\text{Länge der Blattspreite}}{\text{Breite der Blattspreite}}$ bei den Rosettenblättern in basipetaler Reihenfolge.

Basipetale Blattfolge →

Düngestufe	3.	4.	5.	6.	7.	8.
A/1 (3,75 g N)	1,9 ± 0,2	1,7 ± 0,2	1,7 ± 0,1	1,8 ± 0,1	1,7 ± 0,2	1,7 ± 0,1
A/2 (5,0 g N)	1,7 ± 0,2	1,6 ± 0,2	1,6 ± 0,1	1,7 ± 0,2	1,5 ± 0,1	-
A/3 (3,75 g N)	1,6 ± 0,2	1,6 ± 0,1	1,6 ± 0,2	1,6 ± 0,2	1,7 ± 0,2	-
A/4 (5,0 g N)	1,5 ± 0,2	1,6 ± 0,1	1,5 ± 0,1	1,5 ± 0,1	1,7 ± 0,3	1,5 ± 0,2
B/1 (0,5 g P_2O_5)	2,1 ± 0,1	2,3 ± 0,1	2,4 ± 0,2	2,2 ± 0,2	2,1 ± 0,1	2,1 ± 0,2
B/2 (1,0 g P_2O_5)	2,0 ± 0,1	1,8 ± 0,2	1,8 ± 0,1	1,8 ± 0,1	2,0 ± 0,1	1,9 ± 0,2
B/3 (2,0 g P_2O_5)	1,9 ± 0,1	1,9 ± 0,2	1,9 ± 0,1	1,8 ± 0,1	1,9 ± 0,2	1,9 ± 0,1
B/4 (3,0 g P_2O_5)	1,9 ± 0,2	1,9 ± 0,1	1,8 ± 0,1	1,7 ± 0,1	1,8 ± 0,1	1,8 ± 0,1
B/5 (5,0 g P_2O_5)	1,8 ± 0,2	1,7 ± 0,2	1,6 ± 0,1	1,7 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,8 ± 0,1
C/1 (1,25 g K_2O)	1,8 ± 0,2	1,7 ± 0,2	1,7 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,7 ± 0,2	1,9 ± 0,1
C/2 (2,5 g K_2O)	2,0 ± 0,1	2,0 ± 0,2	2,0 ± 0,1	1,9 ± 0,1	2,0 ± 0,2	1,9 ± 0,1
C/3 (3,75 g K_2O)	2,0 ± 0,1	1,9 ± 0,2	1,8 ± 0,1	1,8 ± 0,2	1,8 ± 0,2	1,9 ± 0,1
C/4 (5,0 g K_2O)	1,7 ± 0,2	1,8 ± 0,2	1,7 ± 0,1	1,7 ± 0,1	1,8 ± 0,1	1,8 ± 0,1
C/5 (7,5 g K_2O)	1,6 ± 0,1	1,4 ± 0,2	1,4 ± 0,1	1,5 ± 0,1	1,4 ± 0,1	1,4 ± 0,2

Tabelle 90: Kultur in Mitscherlichtöpfen 1960. Sippe 03.

Das Verhältnis $\frac{\text{Länge der Blattspreite}}{\text{Länge des Blattstiels}}$ bei den Rosettenblättern in basipetaler Folge.

2. Die Feldversuche 1960 und 1961

Vom 23.6.1960 bis 29.6.1960 und vom 16.8.1961 bis 19.8. 1961 wurden von den Sippen 09 bzw. 43 pro Parzelle 6 Pflanzen untersucht, pro Düngungsart wurden also die Blätter von 24 Rosetten in basipetaler Blattfolge gemessen. Die Ergebnisse beider Jahre sind in den nachfolgenden Tabellen und Abbildungen wiedergegeben.

$\frac{\text{Länge der Blattspreite}}{\text{Breite der Blattspreite}}$: Hier wird bei der Sippe 09 der Zahlenwert bei den Pflanzen aller gedüngten Parzellen in der gleichen Weise erhöht gegenüber dem Wert der Pflanzen von den ungedüngten Parzellen.

Die Zahlenwerte der Relation werden dabei bei allen Rosettenblättern erhöht (siehe Tabelle 91).

Bei den Pflanzen der Sippe 43 aus dem Feldversuch des Jahres 1961 tritt ebenfalls eine solche Erhöhung der Zahlenwerte ein (siehe Tabelle 92).

An Abbildung 45 fällt auf, daß je 2 Kurven nahezu parellel zueinander verlaufen. Es sind dies die Kurven von Pflanzen der gleichen Sippe in verschiedenen Jahren. Das Kurvenpaar der Sippe 43 fällt wesentlich langsamer ab als das der Sippe 09. In beiden Fällen liegt die Kurve der Pflanzen mit der doppelten Stickstoffdüngung über der Kurve der ungedüngten Pflanzen.

$\frac{\text{Länge der Blattspreite}}{\text{Länge des Blattstiels}}$: Auch bei dieser Relation liegen die Zahlenwerte bei den Pflanzen aller gedüngten Parzellen über den Zahlenwerten der ungedüngten Pflanzen. Dies gilt für die Pflanzen beider untersuchten Sippen.

Ein Unterschied in der Auswirkung von Mineraldünger auf die Größe dieser Relation, sei es in der Art, sei es in der Menge des Düngers, ist nicht festzustellen.

Bei den Pflanzen der Sippe 09 steigen die Werte der Rosettenblätter in basipetaler Folge an, bei der Sippe 43 dagegen

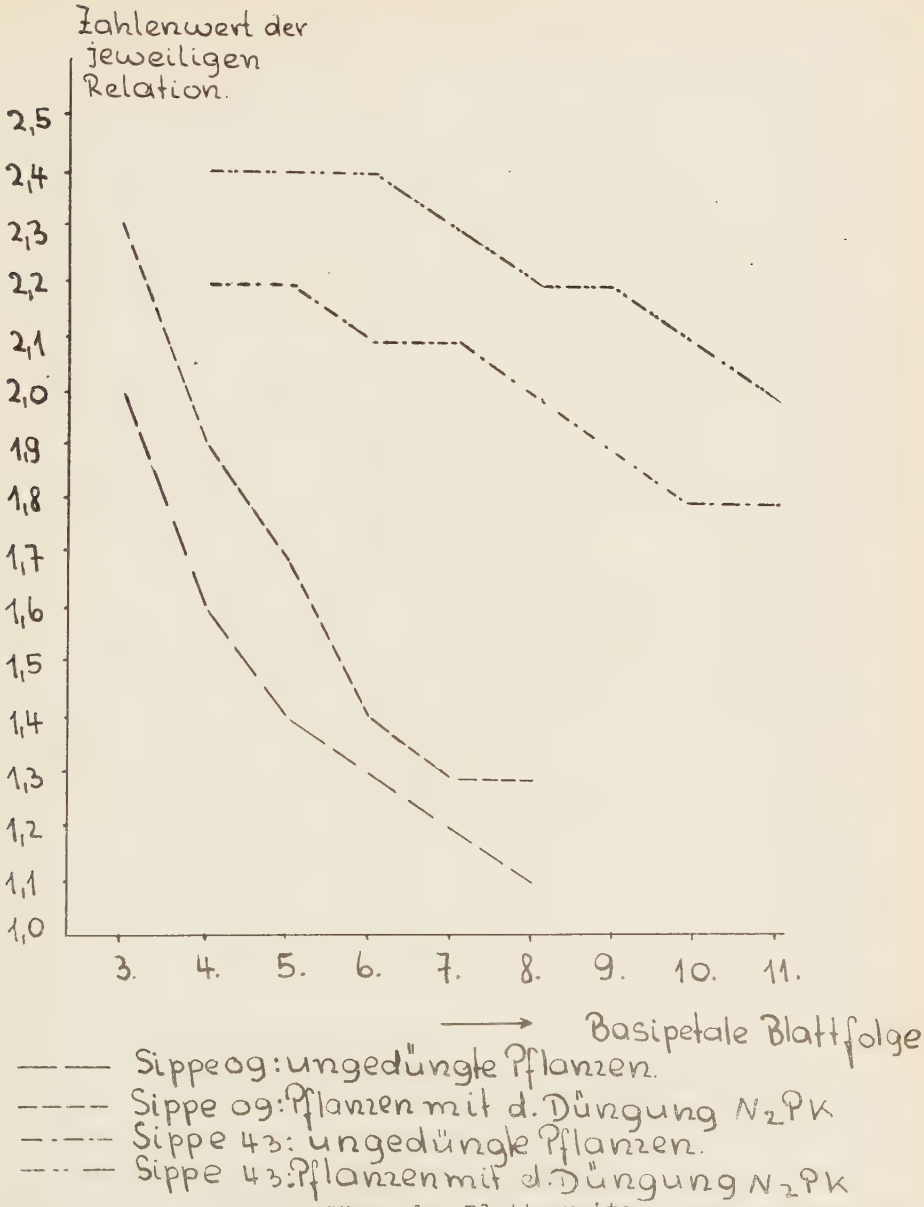

Abb. 45: Das Verhältnis $\frac{\text{Länge der Blattspreite}}{\text{Breite der Blattspreite}}$ bei den Rosettenblättern (in basipetaler Folge) von gedüngten und ungedüngten Pflanzen.
Feldversuche 1960 und 1961. Sippen 09 und 43.

Die Zahlenwerte der gedüngten Pflanzen liegen über denen der ungedüngten Pflanzen. Die Kurvenpaare beider Sippen fallen ab in basipetaler Blattfolge.

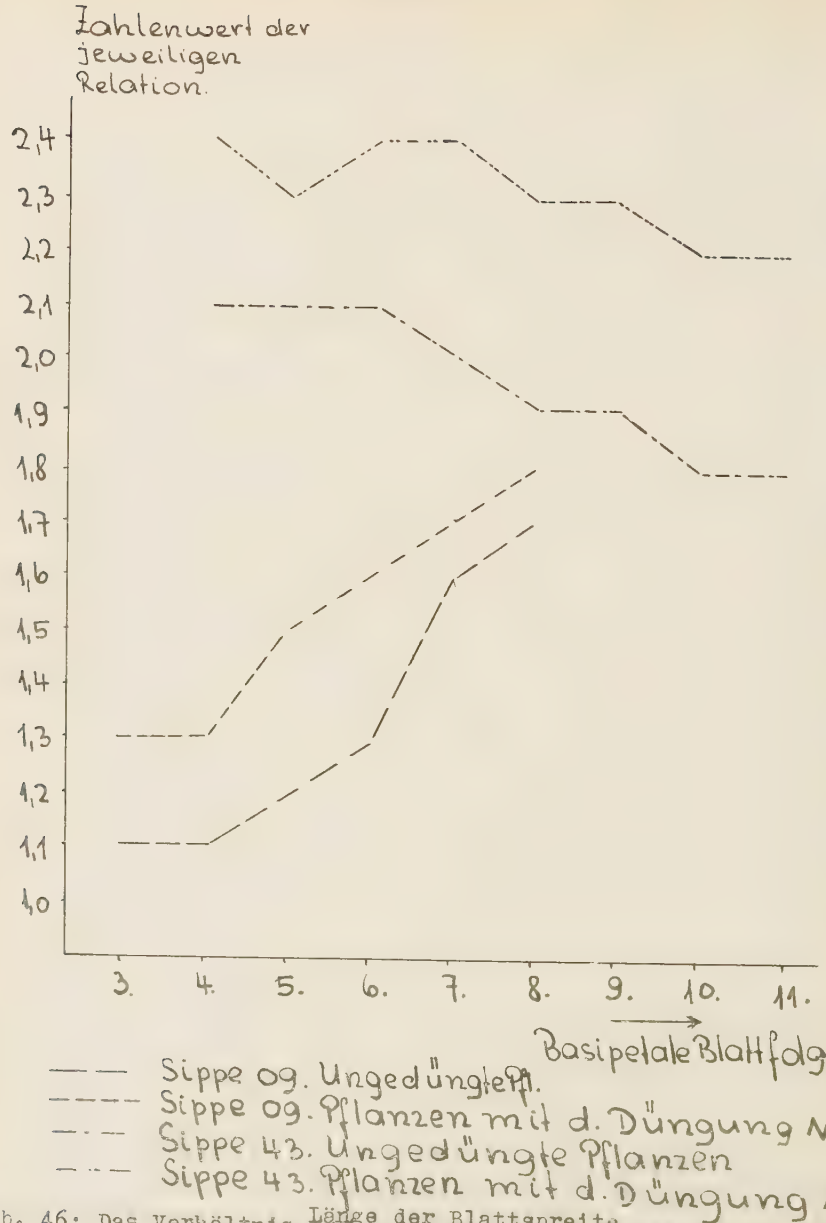

Abb. 46: Das Verhältnis $\frac{\text{Länge der Blattspreite}}{\text{Länge des Blattstiels}}$ bei den Rosettenblättern (in basipetaler Folge) von gedüngten und ungedüngten Pflanzen.
Feldversuche 1960 und 1961. Sippen 09 und 43.

Die Kurven der Pflanzen einer Sippe zeigen einen ähnlichen Verlauf. Die Zahlenwerte der gedüngten Pflanzen liegen über den Zahlenwerten der ungedüngten Pflanzen.

Basipetale Blattfolge →

Düngung	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Unged.(Parz.1)	2,0 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,4 ± 0,1	1,3 ± 0,1	1,2 ± 0,1	1,1 ± 0,1
NPK (Parz.2)	2,2 ± 0,2	1,8 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,4 ± 0,1	1,3 ± 0,1	1,1 ± 0,1
N_2PK (Parz.3)	2,3 ± 0,2	1,9 ± 0,1	1,7 ± 0,1	1,4 ± 0,2	1,3 ± 0,1	1,3 ± 0,1
NP_2K (Parz.4)	2,3 ± 0,2	1,9 ± 0,1	1,7 ± 0,1	1,5 ± 0,1	1,3 ± 0,1	1,2 ± 0,1
NPK_2 (Parz.5)	2,2 ± 0,2	1,9 ± 0,2	1,7 ± 0,1	1,5 ± 0,1	1,3 ± 0,1	1,2 ± 0,1
2NPK (Parz.6)	2,3 ± 0,2	1,9 ± 0,2	1,7 ± 0,1	1,5 ± 0,1	1,3 ± 0,1	1,2 ± 0,1

Tabelle 91: Feldversuch 1960. Sippe 09.

Das Verhältnis $\frac{\text{Länge der Blattspreite}}{\text{Breite der Blattspreite}}$ bei den Rosettenblättern in basipetaler Folge.

Basipetale Blattfolge →

Düngung	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
ed.(Parz.1)	2,2 ± 0,1	2,2 ± 0,2	2,1 ± 0,2	2,1 ± 0,1	2,0 ± 0,1	1,9 ± 0,1	1,8 ± 0,1	1,8 ± 0,1
(Parz.2)	2,5 ± 0,1	2,4 ± 0,2	2,3 ± 0,1	2,3 ± 0,1	2,2 ± 0,2	2,2 ± 0,1	2,1 ± 0,1	2,0 ± 0,1
K (Parz.3)	2,4 ± 0,2	2,4 ± 0,1	2,4 ± 0,1	2,3 ± 0,1	2,2 ± 0,1	2,2 ± 0,1	2,1 ± 0,1	2,0 ± 0,1
K (Parz.4)	2,5 ± 0,1	2,5 ± 0,2	2,5 ± 0,1	2,4 ± 0,1	2,3 ± 0,2	2,2 ± 0,2	2,2 ± 0,2	2,1 ± 0,1
$_2$ (Parz.5)	2,6 ± 0,2	2,5 ± 0,1	2,5 ± 0,2	2,3 ± 0,1	2,2 ± 0,2	2,2 ± 0,2	2,1 ± 0,1	2,0 ± 0,1
PK (Parz.6)	2,4 ± 0,2	2,4 ± 0,2	2,4 ± 0,1	2,3 ± 0,2	2,3 ± 0,2	2,2 ± 0,2	2,1 ± 0,1	2,1 ± 0,2
K (Parz.7)	2,4 ± 0,2	2,3 ± 0,1	2,3 ± 0,2	2,2 ± 0,2	2,2 ± 0,2	2,2 ± 0,1	2,0 ± 0,1	2,0 ± 0,1

Tabelle 92: Feldversuch 1961. Sippe 43.

Das Verhältnis $\frac{\text{Länge der Blattspreite}}{\text{Breite der Blattspreite}}$ bei den Rosettenblättern in basipetaler Folge.

Düngung	Basipetale Blattfolge → 3.	4.	5.	6.	7.	8.
Unged.(Parz.1)	1,1 ± 0,1	1,1 ± 0,1	1,2 ± 0,1	1,3 ± 0,1	1,6 ± 0,2	1,6 ± 0,2
NPK (Parz.2)	1,2 ± 0,2	1,3 ± 0,1	1,4 ± 0,2	1,5 ± 0,2	1,6 ± 0,1	1,8 ± 0,2
N_2PK (Parz.3)	1,3 ± 0,2	1,3 ± 0,1	1,5 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,7 ± 0,2	1,8 ± 0,2
NP_2K (Parz.4)	1,3 ± 0,2	1,3 ± 0,1	1,4 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,6 ± 0,2	1,7 ± 0,2
NPK_2 (Parz.5)	1,3 ± 0,2	1,3 ± 0,2	1,5 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,6 ± 0,2	1,8 ± 0,2
2NPK (Parz.6)	1,3 ± 0,2	1,5 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,7 ± 0,2	-

Tabelle 93: Feldversuch 1960. Sippe 09.

Das Verhältnis $\frac{\text{Länge der Blattspreite}}{\text{Länge des Blattstiels}}$ bei den Rosettenblättern in basipetaler Folge.

Düngung	Basipetale Blattfolge → 4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Unged.(Parz.1)	2,1 ± 0,1	2,1 ± 0,1	2,1 ± 0,2	2,0 ± 0,1	1,9 ± 0,2	1,9 ± 0,2	1,8 ± 0,1	1,8 ± 0,1
NPK (Parz.2)	2,4 ± 0,2	2,3 ± 0,2	2,3 ± 0,1	2,3 ± 0,1	2,2 ± 0,1	2,3 ± 0,1	2,1 ± 0,1	2,1 ± 0,1
N_2PK (Parz.3)	2,4 ± 0,2	2,3 ± 0,1	2,4 ± 0,2	2,4 ± 0,1	2,3 ± 0,1	2,3 ± 0,1	2,2 ± 0,1	2,2 ± 0,2
NP_2K (Parz.4)	2,3 ± 0,2	2,4 ± 0,1	2,3 ± 0,1	2,3 ± 0,1	2,3 ± 0,1	2,2 ± 0,1	2,2 ± 0,1	2,2 ± 0,1
NPK_2 (Parz.5)	2,3 ± 0,2	2,3 ± 0,1	2,3 ± 0,1	2,3 ± 0,1	2,3 ± 0,2	2,2 ± 0,2	2,2 ± 0,2	2,1 ± 0,1
2NPK (Parz.6)	2,4 ± 0,2	2,3 ± 0,2	2,3 ± 0,2	2,2 ± 0,1	2,3 ± 0,1	2,3 ± 0,2	2,2 ± 0,2	2,1 ± 0,1
3NPK (Parz.7)	2,3 ± 0,2	2,3 ± 0,2	2,3 ± 0,2	2,3 ± 0,1	2,2 ± 0,2	2,2 ± 0,2	2,2 ± 0,2	2,1 ± 0,2

Tabelle 94: Feldversuch 1961. Sippe 43.

Das Verhältnis $\frac{\text{Länge der Blattspreite}}{\text{Länge des Blattstiels}}$ bei den Rosettenblättern in basipetaler Folge.

fallen sie in basipetaler Blattfolge langsam ab (siehe Abb. 46).

Die Kurven der Relation bei den Pflanzen mit der doppelten Stickstoffdüngung N_2PK liegen jeweils über den Kurven der ungedüngten Pflanzen. Der gleichartige Verlauf der Kurven für die Pflanzen einer Sippe zeigt hier auch, daß die Erhöhung der Werte durch Mineraldüngung bei allen Rosettenblättern etwa gleichmäßig erfolgt.

Die Feldversuche in den Jahren 1960 und 1961 ergeben, daß die Blattspreiten aller gedüngten Pflanzen stärker gestreckt sind als die der ungedüngten Pflanzen. Die Länge des Blattstiels im Verhältnis zur Länge der Blattspreite ist bei allen gedüngten Pflanzen geringer als bei den ungedüngten.

Beides, Abnahme der Breite der Blattspreite und Abnahme der Länge des Blattstiels jeweils im Verhältnis zur Länge der Blattspreite mit steigenden Düngergaben, tritt auch beim Kulturversuch in Mitscherlichtöpfen ein, jedoch nur bis zu mittelhohen Düngergaben.

3. Die Versuche mit Kurztag und Abkühlung 1960 und 1961

Vom 6.8.1960 bis 12.8.1960 wurden jeweils 20 unter verschiedenen Beleuchtungs- und Temperaturbedingungen aufgewachsene Pflanzen der Sippe 09 und der Sippe 03 untersucht.

Diese Ergebnisse wurden ergänzt durch Messungen an jeweils 24 Pflanzen der Sippe 22, welche im Jahre 1961 vom 22.8. bis 26.8. durchgeführt wurden.

Länge der Blattspreite / Breite der Blattspreite: Die Werte der im verkürzten Tag aufgewachsenen Pflanzen (6h-, 9h- und 12h-Tagpflanzen) zeigen keine Unterschiede gegenüber den Werten der entsprechenden Normal-Langtagpflanzen. Lediglich bei den 12-Stundentagpflanzen mit einer Nachttemperatur von + 5° C der Sippe 09 ist eine deutliche Abnahme der Zahlenwerte erkennbar (siehe Tabelle 95).

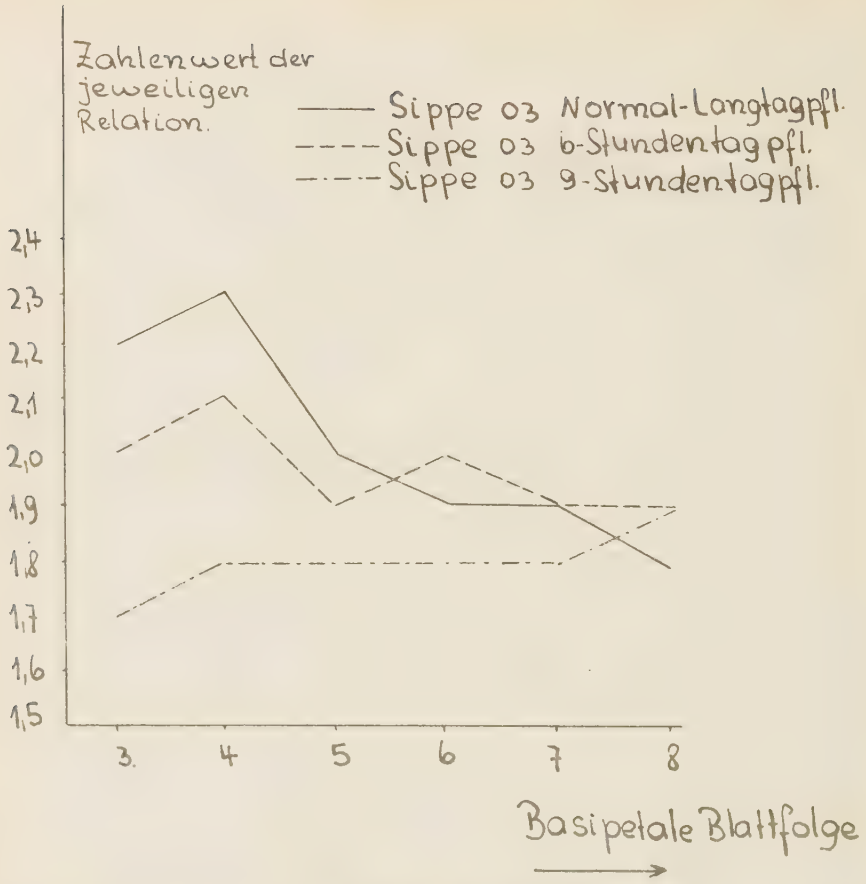

Abb. 47: Das Verhältnis $\frac{\text{Länge der Blattspreite}}{\text{Länge des Blattstiels}}$ bei den Rosettenblättern (in basipetaler Folge) von Pflanzen, welche im 6-Stundentag, im 9-Stundentag und im Normal-Langtag aufgewachsen sind.
Versuch 1960. Sippe 03.

Wie bei allen bisher untersuchten Pflanzen nehmen auch bei den Rosetten dieser Sippen die Zahlenwerte in basipetaler Blattfolge ab.

$\frac{\text{Länge der Blattspreite}}{\text{Länge des Blattstiels}}$: Die Werte dieser Relation liegen bei den im verkürzten Tag aufgewachsenen Pflanzen (6h-, 9h-, 12h-Tagpflanzen) unter denen der Normal-Langtagpflanzen. Die niedrigsten Werte weisen bei den Pflanzen der Sippe 03 und der Sippe 22 die 9-Stundentagpflanzen auf.

Ein Teil der 12-Stundentagpflanzen wurde einer Nachttemperatur von + 5° C ausgesetzt. Die Werte dieser Pflanzen liegen bei einigen Blättern niedriger als bei den 12-Stundentagpflanzen, welche nachts nicht in den Kühlschrank gebracht worden waren.

Aus den Abbildungen 47 und 48 geht hervor, daß die Zahlenwerte der Relation $\frac{\text{Länge der Blattspreite}}{\text{Länge des Blattstiels}}$ bei den Normal-Langtagpflanzen beider Sippen höher liegen als bei den 6-Stundentag- und den 9-Stundentagpflanzen. Diese weisen also eine größere Länge des Blattstiels im Verhältnis zur Länge der Blattspreite auf als die Normal-Langtagpflanzen.

Der ähnliche Verlauf der Kurven bei den Pflanzen der Sippe 22 zeigt deutlich, wie der Unterschied in den Werten zwischen den Normal-Langtagpflanzen und den im verkürzten Tag aufgewachsenen Pflanzen bei allen Blättern der Rosette in gleicher Weise auftritt.

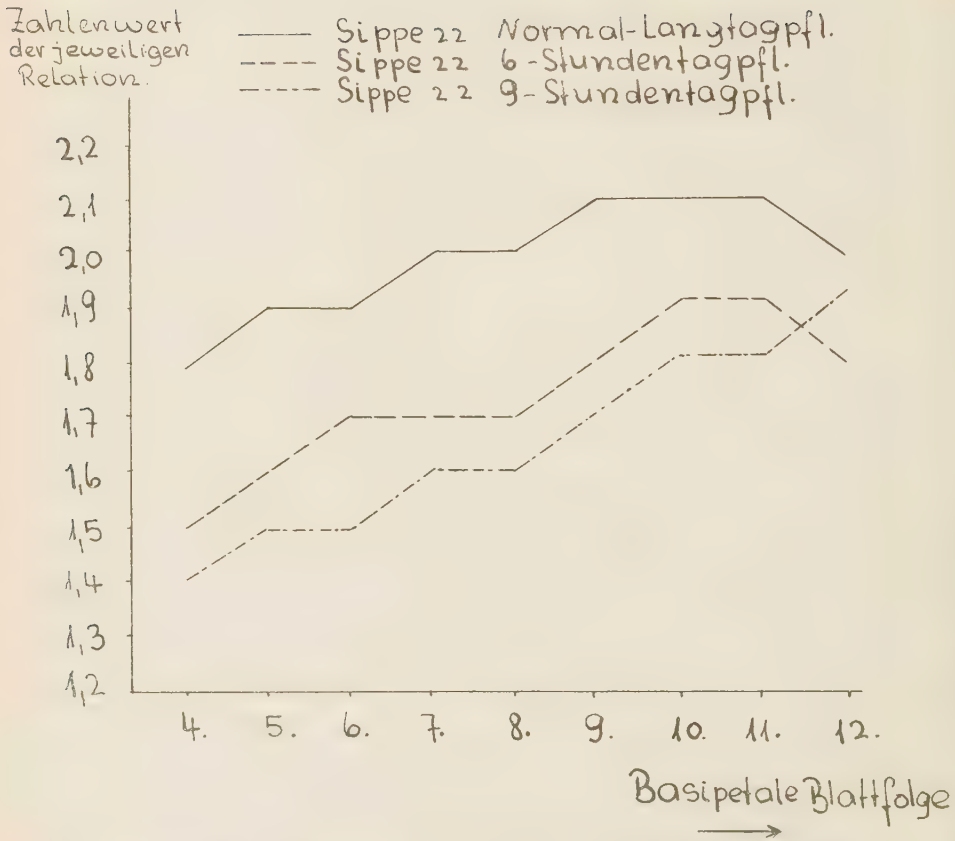

Abb. 48: Das Verhältnis $\frac{\text{Länge der Blattspreite}}{\text{Länge des Blattstiels}}$ bei den Rosettenblättern (in basipetaler Folge) von Pflanzen, welche im 6-Stundentag, im 9-Stundentag und im Normal-Langtag kultiviert worden sind. Versuch 1961. Sippe 22.

Die Zahlenwerte der Relation liegen bei den Normal-Langtagpflanzen höher als bei den 6-Stundentag- und bei den 9-Stundentagpflanzen.

Basipetale Blattfolge →

		3.	4.	5.	6.	7.	8.
Normal-Langtagpfl.	Sippe 09	2,0 ± 0,2	1,8 ± 0,2	1,7 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,5 ± 0,1	1,5 ± 0,1
6-Stundentagpfl.	Sippe 09	1,9 ± 0,2	1,8 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,7 ± 0,1	1,5 ± 0,1	1,5 ± 0,1
12-Stundentagpfl. (Nachttemp.+5°C)	Sippe 09	1,6 ± o,1	1,6 ± 0,1	1,5 ± 0,1	1,4 ± 0,1	1,4 ± 0,1	1,6 ± 0,1
Normal-Langtagpfl.	Sippe 03	1,9 ± 0,2	1,8 ± 0,1	1,7 ± 0,1	1,7 ± 0,1	1,6 ± 0,2	1,5 ± 0,1
6-Stundentagpfl.	Sippe 03	2,0 ± 0,1	1,8 ± 0,1	1,8 ± 0,1	1,7 ± 0,1	1,7 ± 0,1	1,6 ± 0,2
9-Stundentagpfl.	Sippe 03	2,1 ± 0,1	1,9 ± 0,1	1,8 ± 0,1	1,8 ± 0,2	1,7 ± 0,1	1,6 ± 0,1
12-Stundentagpfl.	Sippe 03	2,0 ± 0,1	1,9 ± 0,2	1,8 ± 0,2	1,7 ± 0,1	1,4 ± 0,1	1,4 ± 0,2
12-Stundentagpfl. (Nachttemp.+5°C)	Sippe 03	1,9 ± 0,2	1,9 ± 0,1	1,7 ± 0,1	1,7 ± 0,1	1,5 ± 0,1	-

Tabelle 95: Versuche mit Kurztag und Abkühlung 1960. Sippen 09 und 03.

Das Verhältnis $\frac{\text{Länge der Blattspreite}}{\text{Breite der Blattspreite}}$ bei den Rosettenblättern in basipetaler Folge.

Basipetale Blattfolge →

	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Normal-Langtagpflanze	2,9±0,2	2,7±0,2	2,5±0,1	2,4±0,1	2,4±0,1	2,3±0,2	2,4±0,2	2,3±0,2	2,2±0,2
6h-Tagpfl.	2,7±0,2	2,6±0,2	2,4±0,1	2,4±0,1	2,3±0,2	2,2±0,2	2,3±0,1	2,2±0,1	2,1±0,1
9h-Tagpfl.	2,8±0,2	2,6±0,1	2,4±0,2	2,4±0,2	2,3±0,2	2,3±0,2	2,3±0,1	2,2±0,2	2,1±0,2
12h-Tagpfl.	2,9±0,2	2,7±0,2	2,5±0,2	2,4±0,1	2,4±0,1	2,2±0,2	2,2±0,1	2,2±0,1	2,1±0,2
12h-Tagpfl. (Nachtt.+5°C)	2,7±0,2	2,6±0,2	2,3±0,2	2,2±0,1	2,2±0,1	2,1±0,2	2,1±0,2	2,1±0,2	-

Tabelle 96: Versuche mit Kurztag und Abkühlung 1961. Sippe 22.

Das Verhältnis $\frac{\text{Länge der Blattspreite}}{\text{Breite der Blattspreite}}$ bei den Rosettenblättern in basipetaler Folge.

Basipetale Blattfolge →

		3.	4.	5.	6.	7.	8.
Normal-Langtagpfl.	Sippe 09	2,4 ± 0,2	2,4 ± 0,2	2,2 ± 0,1	1,9 ± 0,2	1,7 ± 0,1	1,8 ± 0,1
6-Stundentagpfl.	Sippe 09	1,6 ± 0,2	1,6 ± 0,1	1,6 ± 0,2	1,6 ± 0,2	1,5 ± 0,1	1,4 ± 0,1
12-Stundentagpfl. (Nachttemp.+5°C)	Sippe 09	2,0 ± 0,2	1,8 ± 0,2	1,5 ± 0,2	1,3 ± 0,1	1,4 ± 0,1	1,4 ± 0,1
Normal-Langtagpfl.	Sippe 03	2,2 ± 0,2	2,3 ± 0,2	2,0 ± 0,1	1,9 ± 0,1	1,9 ± 0,1	1,8 ± 0,1
6-Stundentagpfl.	Sippe 03	2,0 ± 0,2	2,1 ± 0,1	1,9 ± 0,2	2,0 ± 0,1	1,9 ± 0,1	1,9 ± 0,2
9-Stundentagpfl.	Sippe 03	1,7 ± 0,2	1,8 ± 0,2	1,8 ± 0,2	1,8 ± 0,1	1,8 ± 0,1	1,9 ± 0,2
12-Stundentagpfl.	Sippe 03	2,0 ± 0,2	2,0 ± 0,1	1,9 ± 0,1	1,8 ± 0,1	1,9 ± 0,1	1,8 ± 0,1
12-Stundentagpfl. (Nachttemp.+5°C)	Sippe 03	1,9 ± 0,1	1,7 ± 0,2	1,5 ± 0,1	1,4 ± 0,1	1,3 ± 0,1	-

Tabelle 97: Versuche mit Kurztag und Abkühlung 1960. Sippen 09 und 03.

Das Verhältnis $\frac{\text{Länge der Blattspreite}}{\text{Länge des Blattstiels}}$ bei den Rosettenblättern in basipetaler Folge.

Basipetale Blattfolge →

	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Normal-Langtagpflanze	1,8 ± 0,2	1,9 ± 0,1	1,9 ± 0,1	2,0 ± 0,2	2,0 ± 0,2	2,1 ± 0,2	2,1 ± 0,1	2,1 ± 0,2	2,0 ± 0,1
6h-Tagpfl.	1,5 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,7 ± 0,2	1,7 ± 0,1	1,7 ± 0,2	1,8 ± 0,2	1,9 ± 0,1	1,9 ± 0,2	1,8 ± 0,1
9h-Tagpfl.	1,4 ± 0,2	1,5 ± 0,1	1,5 ± 0,1	1,6 ± 0,2	1,6 ± 0,2	1,7 ± 0,1	1,8 ± 0,2	1,8 ± 0,1	1,9 ± 0,1
12h-Tagpfl.	1,5 ± 0,1	1,6 ± 0,2	1,7 ± 0,2	1,7 ± 0,1	1,8 ± 0,2	1,9 ± 0,1	2,0 ± 0,2	2,0 ± 0,2	2,0 ± 0,2
12h-Tagpfl. (Nachtt.+5°C)	1,6 ± 0,2	1,6 ± 0,2	1,7 ± 0,2	1,7 ± 0,1	1,8 ± 0,1	1,7 ± 0,1	1,7 ± 0,1	1,7 ± 0,2	-

Tabelle 98: Versuche mit Kurztag und Abkühlung 1961. Sippe 22.

Das Verhältnis $\frac{\text{Länge der Blattspreite}}{\text{Länge des Blattstiels}}$ bei den Rosettenblättern in basipetaler Folge.

D. Der Einfluß mineralischer Düngung sowie verschiedener Beleuchtungs- und Temperaturbedingungen auf die Größe der Blattmasse und den Glykosidgehalt der Droge von Digitalis purpurea.

I. Frischgewicht und Trockengewicht der Blätter verschieden gedüngter Digitalispflanzen

1. Die Kultur in Mitscherlichtöpfen 1960

Am 5.9.1960 wurden die Pflanzen geerntet und getrocknet. Ihr Frisch- und Trockengewicht geht aus Tabelle 99 hervor.

Düngestufe	mittl. Frischgew. einer Pfl. in g	mittl. Trockengew. einer Pfl. in g	% Trocken-gewicht der Blätter	% Feuchtig-keitsgehalt der Blätter
A/1 (3,75 g N)	35,5	6,4 ± 1,3	18,0	82,0
A/2 (5,0 g N)	24,5	3,8 ± 1,2	15,5	84,5
A/3 (3,75 g N)	46,1	8,5 ± 3,2	18,4	81,6
A/4 (5,0 g N)	46,5	7,3 ± 2,1	15,6	84,4
B/1 (0,5 g P_2O_5)	10,9	2,0 ± 0,7	18,8	81,2
B/2 (1,0 g P_2O_5)	59,0	9,9 ± 2,1	16,8	83,2
B/3 (2,0 g P_2O_5)	69,0	13,1 ± 2,7	19,0	81,0
B/4 (3,0 g P_2O_5)	47,8	7,2 ± 2,3	15,0	85,0
B/5 (5,0 g P_2O_5)	75,3	11,2 ± 2,5	15,1	84,9
C/1 (1,25 g K_2O)	70,5	13,4 ± 2,0	19,0	81,0
C/2 (2,5 g K_2O)	82,6	14,9 ± 2,0	18,0	82,0
C/3 (3,75 g K_2O)	83,6	14,0 ± 3,0	16,8	83,2
C/4 (5,0 g K_2O)	94,4	15,0 ± 1,8	15,9	84,1
C/5 (7,5 g K_2O)	99,3	16,1 ± 2,6	16,2	83,8

Tabelle 99: Kultur in Mitscherlichtöpfen 1960. Sippe 03.

Das mittlere Frisch- und Trockengewicht einer Pflanze, sowie das prozentuale Trockengewicht der Blätter von verschieden gedüngten Pflanzen.

Es fällt auf, daß die Pflanzen der Düngereihe A mit den höchsten Stickstoffgaben eine geringere Blattmasse besitzen als die Pflanzen mit den höchsten Phosphat- und Kaliumgaben.

In der Phosphatdüngereihe B und in der Kaliumsteigerungsreihe C besitzen die Pflanzen mit der höchsten Phosphat- bzw. Kaliumgabe das höchste Frischgewicht. Dabei liegen die Werte bei den Pflanzen der Kaliumsteigerungsreihe C höher.

Mit steigenden Stickstoff-, Phosphat- und Kaliumgaben nimmt das prozentuale Trockengewicht der Blätter ab. Eine Ausnahme stellen hier die Pflanzen der Düngestufe B/3 dar (2,0 g P_2O_5 pro Mitscherlichtopf).

Die Pflanzen der Kaliumsteigerungsreihe C weisen die höchsten in diesem Versuch erreichten Trockengewichte auf. Der Gewichtsunterschied zwischen den Pflanzen der Düngestufe C/1 (1,25 g K_2O pro Mitscherlichtopf) mit der niedersten und den Pflanzen der Stufe C/5 (7,5 g K_2O pro Mitscherlichtopf) mit der höchsten Trockengewichtsausbeute ist wesentlich geringer als der Gewichtsunterschied zwischen den Pflanzen höchster und niedrigster Düngung in der Phosphatsteigerungsreihe B.

Erhöhte Stickstoffgaben bei einfacher oder verdoppelter Grunddüngung von Kalium und Phosphat führen nicht zu einer ähnlichen Vergrößerung der Blattmaße wie höhere Phosphat- oder Kaliumgaben.

2. Der Feldversuch 1960

Vom 26.9. - 28.9.1960 wurden die Parzellen des Feldversuchs abgeerntet. Auf jeder Parzelle wurden 22 Pflanzen der Sippe 09 und 22 Pflanzen, welche aus Saatgut von frei abgeblühten Pflanzen spanischer Herkunft stammten, über der Wurzel abgeschnitten. Die Blätter wurden vom Rosettensproß abgebrochen und gewogen. Anschließend wurden sie getrocknet.

Aus Abb. 49 gehen die Frischgewichtserträge bei verschiedener Düngung hervor. Jede Düngungsart kommt auf 4 Parzellen des Feldes vor.

Parz. 4''' NP_2K 11,94kg	Parz. 5''' NPK_2 11,21kg	Parz. 6''' 2NPK 11,81kg	Parz. 1''' ungedüngt 5,11kg	Parz. 2''' NPK 5,80kg	Parz. 3''' N_2PK 7,16kg
Parz. 1'' ungedüngt 8,86kg	Parz 2'' NPK 11,92kg	Parz 3'' N_2PK 20,32kg	Parz. 4'' NP_2K 12,07kg	Parz. 5'' NPK_2 8,56kg	Parz. 6'' 2NPK 9,39kg
Parz. 4' NP_2K 13,84kg	Parz. 5' NPK_2 13,45kg	Parz 6' 2NPK 16,11kg	Parz. 1' ungedüngt 8,77kg	Parz. 2' NPK 9,50kg	Parz 3' N_2PK 11,52kg
Parz. 1 ungedüngt 9,79kg	Parz. 2 NPK 11,47kg	Parz 3 N_2PK 14,95kg	Parz. 4 NP_2K 14,00kg	Parz. 5 NPK_2 10,10kg	Parz. 6 2NPK 13,23kg

Abb. 49: Feldversuch 1960.
Die Frischgewichtserträge pro Parzelle bei verschiedener Düngung.

Um den Fehler, der infolge der Ungleichheit der Bodenverhältnisse auftritt (Bodenfehler) auszuschalten, werden die Erträge verschieden gedüngter, benachbarter Parzellen verglichen. Aus den Erträgen jeweils 4 benachbarter Parzellen, also der Parzellen 1,2,4',5', der Parzellen 2,3,5',6', der Parzellen 3,4,6',1' usw., wird der Mittelwert gebildet. Dann wird errechnet, wieviel Prozent dieses Mittelwerts jeder der 4 Erträge ausmacht.

Aus den so erhaltenen Prozentzahlen für jede Düngungsart wird ein Mittelwert errechnet, welcher nun ein Maß für die Steigerung des Ertrags bei der jeweiligen Düngung darstellt. Diese Ertragsprozentzahl kann wieder in einen reellen Wert überführt werden, indem man sie mit dem Gesamtmittel aus den Erträgen aller Parzellen multipliziert und durch 100 dividiert.

Bei den so berechneten Ertragszahlen ist der Bodenfehler eliminiert.

Die Ertragsprozentzahlen für den Feldversuch 1960 sind:

Parzellen 1 (ungedüngt):	71%
Parzellen 2 (NPK) :	89%
Parzellen 3 (N_2PK):	124%
Parzellen 4 (NP_2K):	115%
Parzellen 5 (NPK_2):	98%
Parzellen 6 (2NPK):	108%

Das Gesamtmittel aus den Erträgen sämtlicher Parzellen ist:

11,287 kg pro Parzelle.

Aus dieser Zahl werden durch Multiplikation mit der Ertragsprozentzahl die Erträge bei verschiedener Düngung berechnet. Die Steigerung der Erträge wird errechnet, indem man den Ertrag der ungedüngten Parzellen gleich 100% setzt (siehe Tabelle 100).

Düngung		kg Ertrag pro Parzelle	% Steigerung
Ungedüngt	(Parz.1)	8,04	100
NPK	(Parz.2)	10,02	125
N_2PK	(Parz.3)	13,98	174
NP_2K	(Parz.4)	12,95	161
NPK_2	(Parz.5)	11,01	137
2NPK	(Parz.6)	12,16	151

Tabelle 100: Feldversuch 1960.
Der Ertrag an frischen Digitalisblättern bei verschiedener Düngung.

Die doppelte Stickstoffdüngung N_2PK bringt die eindeutig höchste Frischgewichtssteigerung. Die Wirkung der doppelten Phosphatdüngung NP_2K ist ebenfalls sehr günstig. Die Ertragssteigerung bei der doppelten Grunddüngung 2NPK ist höher als bei der einfachen Grunddüngung NPK und bei der doppelten Kalidüngung NPK_2, jedoch niedriger als bei der doppelten Stickstoffdüngung N_2PK.

Die Verdopplung entweder eines Bestandteils der Grunddüngung NPK oder der gesamten Grunddüngung bewirkt also noch

eine weitere Steigerung des Ertrags gegenüber der einfachen Grunddüngung NPK. Dabei erscheint die ertragssteigernde Wirkung der Düngerkombinationen N_2PK und NP_2K besonders günstig.

Jede Düngung, auch die doppelte Grunddüngung 2NPK wurde von den Pflanzen leicht ertragen. Irgendwelche Schäden infolge Überdüngung traten nicht auf.

Düngung		% Drogenertrag	kg Droge pro Parzelle	% Steigerung
Ungedüngt	(Parz.1)	76	1,62	100
NPK	(Parz.2)	92	1,96	121
N_2PK	(Parz.3)	120	2,56	158
NP_2K	(Parz.4)	112	2,39	147
NPK_2	(Parz.5)	94	2,00	123
2NPK	(Parz.6)	107	2,28	140

Tabelle 101: Feldversuch 1960.
Der Drogenertrag bei verschiedener Düngung.

Die Ertragssteigerung bei den getrockneten Blättern weist etwas niedrigere Zahlenwerte auf, weil der Feuchtigkeitsgehalt der Blätter bei den gedüngten Pflanzen höher ist, als bei den ungedüngten Pflanzen (siehe Tabelle 101).

Auch auf die Steigerung des Drogenertrags wirken sich die Düngerkombinationen N_2PK und NP_2K am günstigsten aus.

Düngung		% Trockengewicht
Ungedüngt	(Parz.1)	18,4
NPK	(Parz.2)	17,7
N_2PK	(Parz.3)	16,5
NP_2K	(Parz.4)	17,4
NPK_2	(Parz.5)	18,4
2NPK	(Parz.6)	17,1

Tabelle 102: Feldversuch 1960. Sippe 09.
Das prozentuale Trockengewicht der Blätter von verschieden gedüngten Pflanzen.

Tabelle 102 zeigt am Beispiel der Pflanzen der Sippe 09, daß der Prozentgehalt an Trockensubstanz bei den Blättern gedüngter Pflanzen niedriger ist als bei den Blättern der ungedüngten Pflanzen.

Eine Ausnahme bilden die Blätter der Pflanzen, welche die doppelte Kalidüngung NPK_2 erhalten haben. Das prozentuale Trockengewicht dieser Blätter ist ebenso hoch, wie das der Blätter der ungedüngten Pflanzen.

Eine Bestätigung findet dieser Wert durch die exakte Trokkengewichtsbestimmung von Gewebe der Blattspreite (siehe Tabelle 103). Eine exakte Bestimmung des prozentualen Trokkengewichts der Blattspreite wurde an den Blättern von Pflanzen der Sippe 09 durchgeführt. - Pro Parzelle wurde von 4 Pflanzen das 7. und 8. Blatt in basipetaler Folge entnommen. In der Mitte der Blattspreite wurden mit dem Korkbohrer zwischen den großen Blattnerven Blattstückchen von 1,7 cm Durchmesser ausgestanzt und sofort auf der Torsionswaage (Gewichtsbereich 0 - 500 mg) gewogen. Anschließend wurden sie bis zur Gewichtskonstanz (3 bis 5 Stunden) im Thermostat bei 95 - 100° C getrocknet.

Aus den 64 Wägungen von Blattstückchen bei jeder Düngungsart erhielt ich folgende Mittelwerte:

Düngung	% Trockengewicht	% Feuchtigkeitsgehalt
Ungedüngt (Parz.1)	23,2	76,8
NPK (Parz.2)	21,9	78,1
N_2PK (Parz.3)	21,4	78,6
NP_2K (Parz.4)	22,0	78,0
NPK_2 (Parz.5)	23,8	76,2
2NPK (Parz.6)	22,2	77,8

Tabelle 103: Feldversuch 1960. Sippe 09.
Das prozentuale Trockengewicht von Blattgewebe verschieden gedüngter Pflanzen.

Das prozentuale Trockengewicht von Gewebe der Blattspreite ist bei den gedüngten Pflanzen, ausgenommen die Pflanzen,

welche eine doppelte Kalidüngung NPK_2 erhalten haben, geringer als bei den ungedüngten Pflanzen.

Somit ist das niedrige prozentuale Trockengewicht der Blätter gedüngter Pflanzen, also Blattspreite und Blattstiel, nicht allein auf einen vielleicht höheren Gewichtsanteil des Blattstiels bei den gedüngten Blättern zurückzuführen.

3. Der Feldversuch 1961

Vom 12.10.1961 - 18.10.1961 wurden pro Parzelle 15 Pflanzen der Sippe 43, 15 Pflanzen der Sippe 04 und 20 Pflanzen geerntet, welche aus Saatgut von frei abgeblühten Pflanzen spanischer Herkunft stammten. Die Erträge pro Parzelle an frischen Blättern gehen aus Abbildung 50 hervor.

Parz. 7''' 3 NPK 15,92kg	Parz. 4''' NP_2K 14,75kg	Parz. 5''' NPK_2 15,98kg	Parz 6''' 2 NPK 17,77kg	Parz 1''' ungedüngt 8,25kg	Parz 2''' NPK 15,68kg	Parz 3''' N_2PK 15,92kg	
	Parz 1'' ungedüngt 11,56kg	Parz. 2'' NPK 16,92kg	Parz. 3'' N_2PK 16,40kg	Parz 4'' NP_2K 16,92kg	Parz 5'' NPK_2 17,55kg	Parz 6'' 2 NPK 18,56kg	Parz 7'' 3 NPK 17,82kg
Parz. 7' 3 NPK 21,61kg	Parz. 4' NP_2K 18,54kg	Parz. 5' NPK_2 16,17kg	Parz. 6' 2 NPK 16,75kg	Parz 1' ungedüngt 11,67kg	Parz 2' NPK 15,17kg	Parz 3' N_2PK 17,20kg	
	Parz. 1 ungedüngt 11,66kg	Parz. 2 NPK 16,72kg	Parz. 3 N_2PK 14,23kg	Parz 4 NP_2K 16,07kg	Parz 5 NPK_2 13,50kg	Parz. 6 2 NPK 15,59kg	Parz 7. 3 NPK 19,53kg

Abb. 50: Feldversuch 1961.
Die Frischgewichtserträge pro Parzelle bei verschiedener Düngung.

Aus diesen Werten wurden die folgenden Ertragsprozente für die verschiedenen Düngungsarten berechnet:

Parzellen 1 (ungedüngt):	72,8%
Parzellen 2 (NPK) :	102,7%
Parzellen 3 (N_2PK):	99,4%
Parzellen 4 (NP_4K):	111,1%
Parzellen 5 (NPK_2):	102,7%
Parzellen 6 (2NPK):	106,2%
Parzellen 7 (3NPK):	110,7%

Der Mittelwert aus den Erträgen aller 28 Parzellen beträgt:

15,9 kg pro Parzelle.

Somit ergeben sich für den Ertrag pro Parzelle und die Steigerung des Ertrags folgende Werte:

Düngung	kg Ertrag pro Parzelle	% Steigerung
Ungedüngt (Parz.1)	11,57	100
NPK (Parz.2)	16,33	141
N_2PK (Parz.3)	15,81	136
NP_2K (Parz.4)	17,67	152
NPK_2 (Parz.5)	16,33	141
2NPK (Parz.6)	16,90	146
3NPK (Parz.7)	17,60	152

Tabelle 104: Feldversuch 1961.
Der Ertrag an frischen Digitalisblättern bei verschiedener Düngung.

Die höchste Steigerung des Ertrags an Frischgewicht wird hier durch die doppelte Phosphatdüngung NP_2K und durch die dreifache Grunddüngung 3NPK erzielt. Die Wirkung dieser Düngerkombinationen ist größer als die Wirkung der Gaben von NPK, NPK_2, 2NPK und von N_2PK.

Mit dem Feldversuch im Vorjahr stimmt die sehr stark ertragssteigernde Wirkung der doppelten Phosphatdüngung NP_2K überein. Es mag auf veränderte Resorptionsverhältnisse zurückzuführen sein, daß die doppelte Stickstoffdüngung N_2PK sich nicht so günstig auf den Ertrag auswirkte wie im Jahr 1960.

Erhöhte Stickstoffgaben in Verbindung mit der doppelten und dreifachen Grunddüngung von Phosphat und Kali haben eine höhere Ertragssteigerung zur Folge als eine erhöhte Stickstoffgabe bei einfacher Grunddüngung von Phosphat und Kali (ähnlich wie beim Kulturversuch in Mitscherlichtöpfen, siehe Tabelle 99).

Der Ertrag wird durch die einfache Grunddüngung NPK stärker erhöht als im Vorjahr. Eine weitere Steigerung des Ertrags wurde durch Verdopplung der Phosphatgabe (NP_2K) oder bei der doppelten und dreifachen Grunddüngung (2NPK bzw. 3NPK) erreicht.

Düngung		% Trockengewicht
Ungedüngt	(Parz.1)	24,1
NPK	(Parz.2)	22,5
N_2PK	(Parz.3)	21,9
NP_2K	(Parz.4)	21,8
NPK_2	(Parz.5)	21,8
2NPK	(Parz.6)	22,0
3NPK	(Parz.7)	21,0

Tabelle 105: Feldversuch 1961. Sippe 43.
Das prozentuale Trockengewicht der Blätter von verschieden gedüngten Pflanzen.

Die Steigerung der Ausbeute an Droge ist, wie aus Tabelle 106 hervorgeht, infolge des höheren Feuchtigkeitsgehalts der Blätter von gedüngten Pflanzen (siehe Tabelle 105), geringer. Im Prinzip ist sie aber gleich wie die Steigerung des Frischgewichts.

Die Feldversuche beider Jahre ergeben, daß jede der angewandten Kombinationen von Mineraldünger den Ertrag an Digitalisblättern erhöht. Als besonders günstig hat sich in beiden Jahren die doppelte Phosphatdüngung NP_2K erwiesen, während die doppelte Stickstoffdüngung N_2PK nur unter den Vegetationsbedingungen des Jahres 1960 eine sehr hohe Ertragssteigerung brachte.

Düngung		% Drogen-ertrag	kg Droge pro Parzelle	% Steigerung
Ungedüngt	(Parz.1)	77	2,37	100
NPK	(Parz.2)	101	3,11	131
N_2PK	(Parz.3)	99	3,04	129
NP_2K	(Parz.4)	111	3,41	144
NPK_2	(Parz.5)	101	3,11	131
2NPK	(Parz.6)	104	3,20	135
3NPK	(Parz.7)	112	3,44	145

Tabelle 106: Feldversuch 1961.
Der Drogenertrag bei verschiedener Düngung.

Die Wirkung der einfachen Grunddüngung NPK war im Jahr 1961 sehr günstig. In beiden Jahren wirkte sich die doppelte Grunddüngung 2NPK stark ertragssteigernd aus.

Die doppelte Kalidüngung NPK_2 bewirkte im Jahr 1960 eine größere Ertragssteigerung als die einfache Grunddüngung NPK, im Jahr 1961 dieselbe Steigerung des Ertrags wie die Düngung NPK.

Selbst die höchste Düngung, die dreifache Grunddüngung 3NPK, welche nur im Jahr 1961 gegeben wurde, konnte von den Pflanzen verwertet werden und rief keinerlei Schäden hervor: sie erzielte mit die höchste Ertragssteigerung.

Abb. 51: Blick auf einige Parzellen des Feldversuchs 1960.

II. Der Gehalt der Droge an Cardenolidglykosiden

1. Die Kultur in Mitscherlichtöpfen (1960)

Die Pflanzen der Sippe 03, mit denen der Versuch durchgeführt wurde, liefern eine Gitaloxindroge. Der Anteil von Gitaloxin am Gesamtgehalt der 3 Hauptglykoside beträgt über 40%. Der Gehalt der 3 Hauptglykoside an Mono- und Bisdigitoxosiden ist mittelmäßig (um oder etwas unter 10%).

Deutliche Unterschiede in der Emulsionsbildung beim Ausschütteln der Glykoside mit Chloroform aus dem wässrigen Extrakt der Drogen von verschieden gedüngten Pflanzen waren nicht vorhanden.

Der Anteil der 3 Hauptglykoside am Gesamtglykosidgehalt:

Aus Tabelle 107 geht hervor, daß der Anteil der 3 Hauptglykoside am Gesamtgehalt bis auf wenige Ausnahmen (Düngestufen A/2 und A/4) bei allen Pflanzen verschiedener Düngung konstant ist. Die geringen auftretenden Unterschiede können auf mögliche Schwankungen im Gehalt an Mono- und Bisdigitoxosiden zurückzuführen sein.

Nur bei der höchsten Stickstoffdüngung (Düngestufen A/2 und A/4) ist der Anteil der 3 Hauptglykoside am Gesamtgehalt wesentlich verändert. Dabei handelt es sich vielleicht um eine Folge der sehr hohen Stickstoffgaben.

Der Gesamtglykosidgehalt der Droge: (siehe Abb. 52)

In der Stickstoffdüngereihe A haben die Drogen der Düngestufen A/3 und A/4 (hohe Stickstoffdüngung bei verdoppelter Grunddüngung) einen höheren Glykosidgehalt als die Drogen der Düngestufen A/1 und A/2 (hohe Stickstoffdüngung bei einfacher Grunddüngung).

In der Phosphatdüngereihe B wird bei der Stufe B/3 (2 g P_2O_5 pro Mitscherlichtopf), welche auch die Pflanzen mit dem höchsten Trockengewicht liefert, der höchste Glykosidgehalt erreicht. Den niedrigsten Glykosidgehalt hat die Droge der Pflanzen, welche die geringste Phosphatdüngung erhalten haben. Er beträgt nur etwa die Hälfte des in dieser Düngereihe erreichten höchsten Glykosidgehalts.

Düngestufe	Glykosidgehalt der Droge			Summe der 3 Hauptglykoside	Anteil der 3 Hauptglykoside am Gesamtgehalt		
	Digitoxin %	Gitaloxin %	Gitoxin %	%	Digitoxin %	Gitaloxin %	Gitoxin %
A/1 (3,75 g N)	0,021	0,037	0,022	0,080	27	46	27
A/2 (5,0 g N)	0,034	0,030	0,024	0,088	38	34	28
A/3 (3,75 g N)	0,030	0,047	0,027	0,104	29	45	26
A/4 (5,0 g N)	0,024	0,039	0,037	0,100	24	39	37
B/1 (0,5 g P_2O_5)	0,016	0,025	0,012	0,053	30	47	23
B/2 (1,0 g P_2O_5)	0,030	0,042	0,024	0,096	31	44	25
B/3 (2,0 g P_2O_5)	0,031	0,049	0,029	0,109	30	44	26
B/4 (3,0 g P_2O_5)	0,025	0,041	0,024	0,090	28	45	27
B/5 (5,0 g P_2O_5)	0,026	0,041	0,023	0,090	29	45	26
C/1 (1,25 g K_2O)	0,029	0,051	0,029	0,109	27	46	27
C/2 (2,5 g K_2O)	0,034	0,052	0,032	0,118	29	44	27
C/3 (3,75 g K_2O)	0,032	0,050	0,030	0,112	29	44	27
C/4 (5,0 g K_2O)	0,027	0,039	0,027	0,093	29	42	29
C/5 (7,5 g K_2O)	0,032	0,044	0,030	0,106	30	41	29

Tabelle 107: Kultur in Mitscherlichtöpfen 1960. Sippe 03.

Der prozentuale Glykosidgehalt der Droge von verschieden gedüngten Pflanzen.

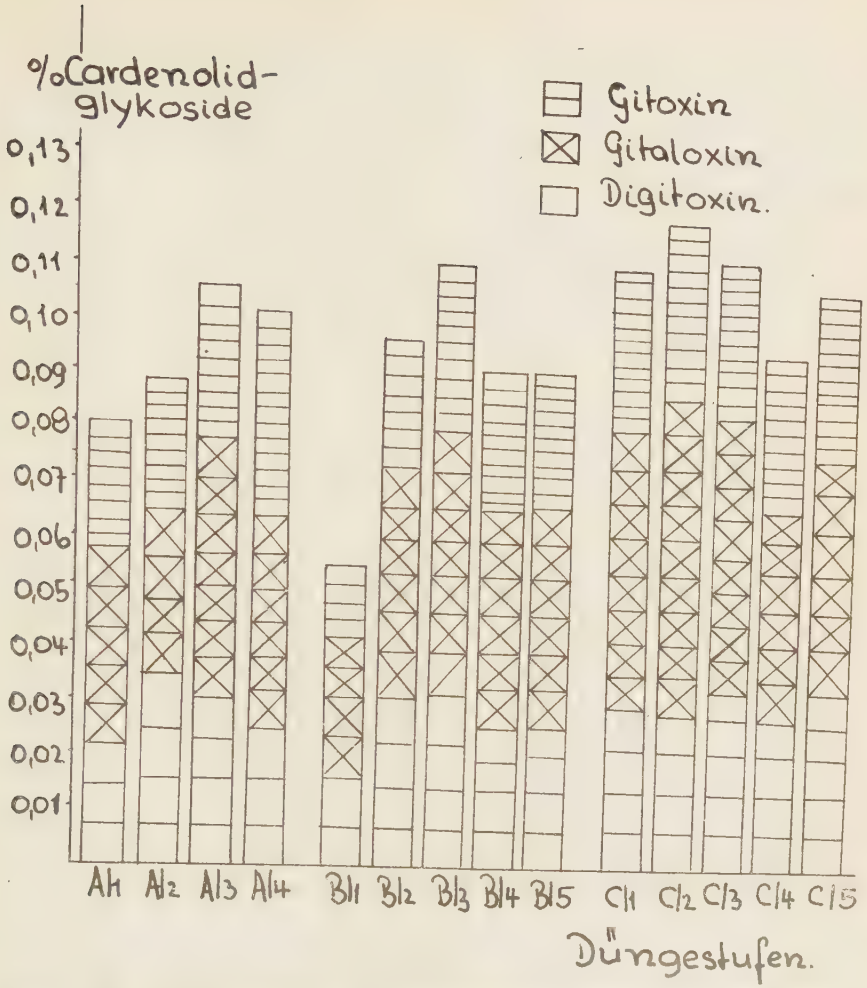

Abb. 52: Der prozentuale Glykosidgehalt der Droge von verschieden gedüngten Pflanzen.
Kultur in Mitscherlichtöpfen 1960. Sippe 03.

Bei den verschieden gedüngten Pflanzen traten Unterschiede im prozentualen Glykosidgehalt der Droge auf; der Anteil der 3 Hauptglykoside an demselben ist jedoch annähernd gleich.

In der Kaliumdüngereihe C wird der höchste Glykosidgehalt bei den Düngestufen C/2 und C/3 (2,5 g K_2O bzw. 3,75 g K_2O pro Mitscherlichtopf) erreicht. Der Gehalt der Pflanzen mit der niedrigsten und der höchsten Kaliumdüngung liegt nur wenig darunter.

Durch mittlere Gaben von Phosphat und Kalium bei entsprechender Grunddüngung wird also nicht nur eine beträchtliche Steigerung der Trockengewichtsausbeute, sondern auch ein hoher Glykosidgehalt erreicht.

2. Der Feldversuch 1960

Die Ernte der Pflanzen zur Glykosidbestimmung erfolgte am 27.9.1960.

Die von verschieden gedüngten Pflanzen stammenden Drogen zeigten keine Unterschiede in der Emulsionsbildung bei der Extraktion der Glykoside.

Die Pflanzen der Sippe 09 liefern ohne Düngung eine Droge mit einem Gesamtgehalt von 0,110 bis 0,120% Glykosid. Der Anteil von Digitoxin am Gesamtgehalt beträgt ca. 35%, der von Gitaloxin ca. 40%, und der Gitoxinanteil beträgt ca. 25%. Dieser Anteil der 3 Hauptglykoside am Gesamtgehalt der Droge ist bei den Drogen aller gedüngten und der ungedüngten Pflanzen gleich (siehe Tabelle 108).

Geringe Abweichungen können auf einem etwas schwankenden Gehalt an Mono- und Bisdigitoxosiden beruhen. Dieser Gehalt liegt normalerweise bei der von Pflanzen der Sippe 09 stammenden Droge unter 10% des Gehalts an Tridigitoxosiden.

Bildet man aus den 4 für jede Düngungsart erhaltenen Glykosidgehaltswerten der Droge (siehe Tabelle 108 und Abb. 53) einen Mittelwert, so erhält man folgende Werte:

Parzellen 1 (ungedüngt):	0,116%
Parzellen 2 (NPK) :	0,141%
Parzellen 3 (N_2PK):	0,148%
Parzellen 4 (NP_2K):	0,128%
Parzellen 5 (NPK_2):	0,141%
Parzellen 6 (2NPK):	0,129%

Parzelle 4‴ (NP_2K) 0,137%	Parzelle 5‴ (NPK_2) 0,142%	Parzelle 6‴ (2 NPK) 0,121%	Parzelle 1‴ ungedüngt 0,108%	Parzelle 2‴ (NPK) 0,125%	Parzelle 3‴ (N_2PK) 0,149%
Parzelle 1″ (ungedüngt) 0,121%	Parzelle 2″ (NPK) 0,142%	Parzelle 3″ (N_2PK) 0,151%	Parzelle 4″ (NP_2K) 0,110%	Parzelle 5″ (NPK_2) 0,132%	Parzelle 6″ (2 NPK) 0,145%
Parzelle 4′ (NP_2K) 0,146%	Parzelle 5′ (NPK_2) 0,149%	Parzelle 6′ (2 NPK) 0,126%	Parzelle 1′ (ungedüngt) 0,120%	Parzelle 2′ (NPK) 0,152%	Parzelle 3′ (N_2PK) 0,149%
Parzelle 1 (ungedüngt) 0,118% Ges. glyk.	Parzelle 2 (NPK) 0,145%	Parzelle 3 (N_2PK) 0,143%	Parzelle 4 (NP_2K) 0,120%	Parzelle 5 (NPK_2) 0,140%	Parzelle 6 (2 NPK) 0,127%

Abb. 53: Der prozentuale Gesamtglykosidgehalt der Droge von Pflanzen der Sippe 09, welche auf den verschieden gedüngten Parzellen des Feldversuchs 1960 aufgewachsen sind.

Düngestufe	Glykosidgehalt der Droge			Summe der 3 Hauptglykoside	Anteil der 3 Hauptglykoside am Gesamtgehalt		
	Digitoxin %	Gitaloxin %	Gitoxin %	%	Digitoxin %	Gitaloxin %	Gitoxin %
Ungedüngt							
1	0,044	0,047	0,027	0,118	38	39	23
1'	0,044	0,046	0,030	0,120	36	39	25
1"	0,046	0,044	0,031	0,121	38	37	25
1'''	0,036	0,044	0,028	0,108	34	40	26
(NPK)							
2	0,052	0,057	0,036	0,145	36	41	23
2'	0,056	0,060	0,036	0,152	37	40	23
2"	0,053	0,056	0,033	0,142	37	39	24
2'''	0,047	0,049	0,029	0,125	38	39	23
(N_2PK)							
3	0,053	0,055	0,035	0,143	38	39	23
3'	0,056	0,059	0,034	0,149	37	39	24
3"	0,054	0,058	0,039	0,151	36	39	25
3'''	0,055	0,059	0,035	0,149	36	39	25
(NP$_2$K)							
4	0,042	0,049	0,029	0,120	38	40	24
4'	0,054	0,054	0,038	0,146	37	37	26
4"	0,040	0,045	0,025	0,110	36	40	24
4'''	0,055	0,049	0,033	0,137	40	36	24
(NPK$_2$)							
5	0,051	0,056	0,033	0,140	37	40	23
5'	0,048	0,062	0,039	0,149	32	42	26
5"	0,046	0,056	0,030	0,132	36	42	22
5'''	0,051	0,057	0,034	0,142	36	40	24
(2NPK)							
6	0,042	0,054	0,031	0,127	33	42	25
6'	0,038	0,053	0,035	0,126	30	42	28
6"	0,051	0,058	0,036	0,145	35	40	25
6'''	0,039	0,050	0,032	0,121	33	41	26

Tabelle 108: Feldversuch 1960. Sippe 09.

Der prozentuale Glykosidgehalt der Droge von verschieden gedüngten Pflanzen.

Um den möglichen Einfluß von Bodenunterschieden auf den Glykosidgehalt der Droge aus den Ergebnissen zu eliminieren, wurden diese Werte, genau wie die Blattausbeute, in die prozentualen Abweichungen des Gehalts vom Gesamtmittelwert umgerechnet. Das Ergebnis zeigt Tabelle 109.

Düngung	% Abweichung des Gehalts vom Gesamt-mittelwert	% Glykosid-gehalt der Droge	% Steigerung des Glykosid-gehalts
Ungedüngt (Parz.1)	89	0,119	100
NPK (Parz.2)	104	0,139	117
N_2PK (Parz.3)	109	0,146	123
NP_2K (Parz.4)	94	0,126	106
NPK_2 (Parz.5)	103	0,138	116
2NPK (Parz.6)	95	0,127	107

Tabelle 109: Feldversuch 1960. Sippe 09.
Der prozentuale Glykosidgehalt der Droge von verschieden gedüngten Pflanzen (errechnete Mittelwerte).

Der Glykosidgehalt liegt bei den Drogen aller gedüngten Parzellen höher als bei den Drogen der ungedüngten Parzellen. Bei der doppelten Stickstoffdüngung N_2PK besitzt die Droge den höchsten Glykosidgehalt von 0,146%. Der Gehalt der Droge bei der einfachen Grunddüngung NPK und bei der doppelten Kalidüngung NPK_2 ist nur wenig geringer. Die doppelte Grunddüngung 2NPK und die doppelte Phosphatdüngung NP_2K liefern Drogen, deren Glykosidgehalt nur wenig höher ist als der Gehalt der Droge ungedüngter Pflanzen.

Mineralische Düngung bringt also bei den Pflanzen der Sippe 09 unter den Witterungsverhältnissen des Jahres 1960 nicht nur eine Erhöhung der Drogenausbeute, sondern auch gleichzeitig eine Erhöhung des prozentualen Glykosidgehalts der Droge.

Der Anteil der 3 Hauptglykoside am Gesamtgehalt der Droge bleibt dabei konstant (siehe auch Abb. 54).

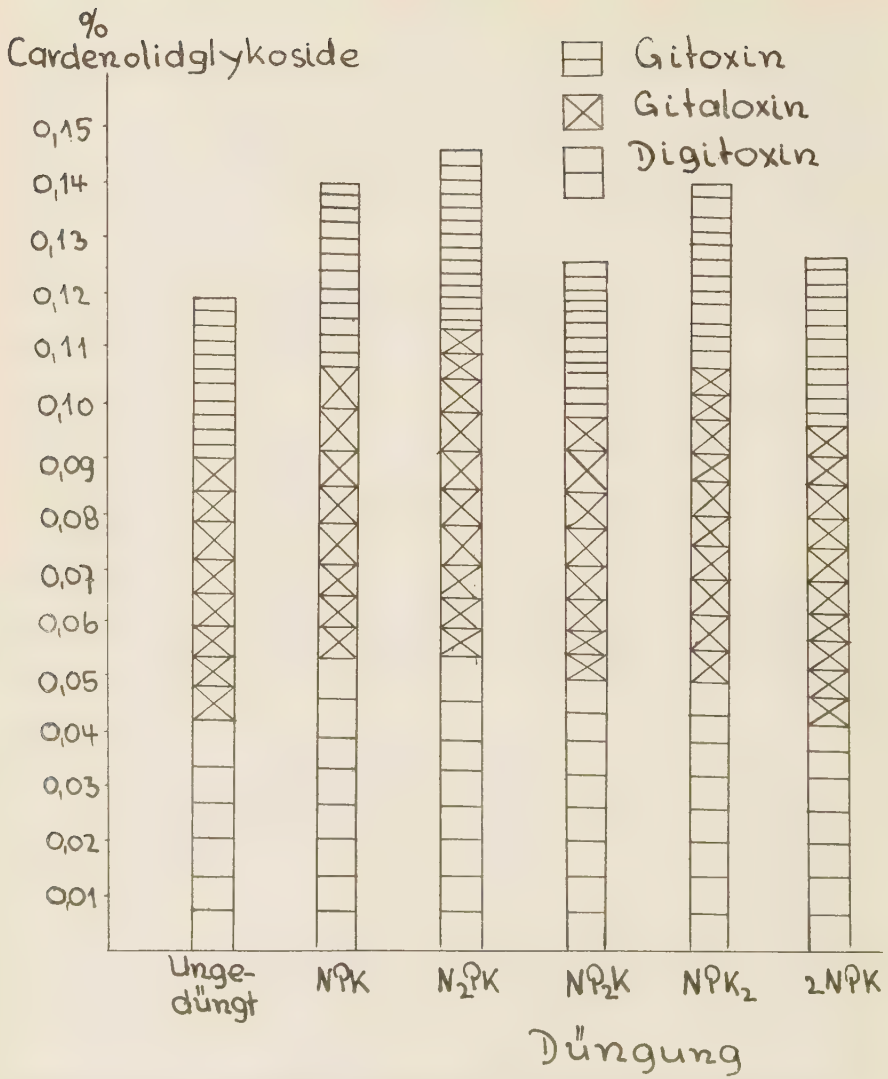

Abb. 54: Der prozentuale Glykosidgehalt der Droge von verschieden gedüngten Pflanzen.
Feldversuch 1960. Sippe 09.

Die 3 Hauptglykoside sind zu etwa gleichen Teilen am Gesamtglykosidgehalt beteiligt. Der Glykosidgehalt der Droge ist am niedrigsten bei den ungedüngten Pflanzen, am höchsten bei den Pflanzen, welche die doppelte Stickstoffdüngung N_2PK erhalten haben.

3. Der Feldversuch 1961

Die Pflanzen der Sippe 43, welche zur Glykosidbestimmung verwendet wurden, wurden am 25.9.1961 geerntet. Die Drogen von den verschieden gedüngten Pflanzen zeigten keinerlei Unterschiede bei der Extraktion der Glykoside.

Die Pflanzen der Sippe 43 ergeben eine Droge mit einem Glykosidgehalt von ca. 0,180 - 0,210%. Der Gehalt liegt also wesentlich höher als bei der von Pflanzen der Sippe 09 stammenden Droge.

Der Anteil von Digitoxin am Gesamtglykosidgehalt der Droge ist sehr hoch. Er beträgt etwa 70%, der Anteil von Gitaloxin und Gitoxin je ca. 15%. Dieser Anteil der 3 Hauptglykoside am Gesamtgehalt ist, von sehr geringen Schwankungen abgesehen, bei allen untersuchten Drogenmustern gleich (siehe Tabelle 110).

Der Anteil von Mono- und Bisdigitoxosiden am Gehalt von Digitoxin ist sehr gering (wesentlich unter 10%); Gitaloxin und Gitoxin dagegen bestehen etwa zur Hälfte aus Mono- und Bisdigitoxosiden und zur Hälfte aus Tridigitoxosiden.

Die geringfügigen Schwankungen des Anteils der 3 Hauptglykoside am Gesamtgehalt der Droge können von einer Verschiebung dieses Anteils der Mono- und Bisdigitoxoside herrühren.

Die Mittelwerte des Glykosidgehalts der Drogen von jeweils 4 gleich gedüngten Parzellen (siehe Abb. 55):

Parzellen 1 (ungedüngt):	0,186%
Parzellen 2 (NPK) :	0,194%
Parzellen 3 (N_2PK):	0,206%
Parzellen 4 (NP_2K):	0,186%
Parzellen 5 (NPK_2):	0,195%
Parzellen 6 (2NPK):	0,217%
Parzellen 7 (3NPK):	0,200%

Diese Werte scheinen zu zeigen, daß bei der Düngung N_2PK, 2NPK und 3NPK der Glykosidgehalt der Droge beträchtlich gesteigert wird.

Parzelle 7''' 3 NPK 0,195%	Parzelle 4''' (NP_2K) 0,161%	Parzelle 5''' (NPK_2) 0,182%	Parzelle 6''' (2 NPK) 0,221%	Parzelle 1''' (ungedüngt) 0,182%	Parzelle 2''' (NPK) 0,193%	Parzelle 3''' N_2PK 0,203%	
	Parzelle 1'' (ungedüngt) 0,168%	Parzelle 2'' (NPK) 0,159%	Parzelle 3'' (N_2PK) 0,193%	Parzelle 4'' (NP_2K) 0,216%	Parzelle 5'' (NPK_2) 0,210%	Parzelle 6'' (2 NPK) 0,217%	Parzelle 7'' (3 NPK) 0,202%
Parzelle 7'' 3 NPK 0,186%	Parzelle 4' N_2PK 0,168%	Parzelle 5' NPK_2 0,204	Parzelle 6' 2 NPK 0,229%	Parzelle 1' (ungedüngt) 0,202%	Parzelle 2' (NPK) 0,216%	Parzelle 3' (N_2PK) 0,220%	
	Parzelle 1 (ungedüngt) 0,186% Ges. glyk.	Parzelle 2 (NPK) 0,210%	Parzelle 3 (N_2PK) 0,208%	Parzelle 4 (NP_2K) 0,199%	Parzelle 5 (NPK_2) 0,210%	Parzelle 6 (2 NPK) 0,201%	Parzelle 7 (3 NPK) 0,217%

Abb. 55: Der prozentuale Gesamtglykosidgehalt der Droge von Pflanzen der Sippe 43, welche auf den verschieden gedüngten Parzellen des Feldversuchs 1961 aufgewachsen sind.

Düngestufe	Glykosidgehalt der Droge			Summe der 3 Hauptglykoside	Anteil der 3 Hauptglykoside am Gesamtgehalt		
	Digitoxin %	Gitaloxin %	Gitoxin %	%	Digitoxin %	Gitaloxin %	Gitoxin %
Ungedüngt							
1	0,131	0,029	0,026	0,186	70	16	14
1'	0,143	0,030	0,029	0,202	71	15	14
1''	0,123	0,022	0,023	0,168	73	13	14
1'''	0,138	0,021	0,023	0,182	70	15	15
(NPK)							
2	0,140	0,036	0,034	0,210	67	17	16
2'	0,147	0,035	0,034	0,216	68	16	16
2''	0,107	0,029	0,028	0,159	67	17	16
2'''	0,133	0,031	0,029	0,193	69	16	15
(N_2PK)							
3	0,144	0,032	0,032	0,208	70	15	15
3'	0,152	0,033	0,035	0,220	69	15	16
3''	0,126	0,033	0,034	0,193	66	17	17
3'''	0,140	0,032	0,031	0,203	70	15	15
(NP$_2$K)							
4	0,139	0,030	0,030	0,199	70	15	15
4'	0,112	0,026	0,030	0,168	67	15	18
4''	0,147	0,037	0,032	0,216	68	17	15
4'''	0,107	0,027	0,027	0,161	66	17	17
(NPK$_2$)							
5	0,142	0,033	0,035	0,210	69	15	16
5'	0,136	0,035	0,033	0,204	67	17	16
5''	0,141	0,034	0,035	0,210	68	16	16
5'''	0,130	0,025	0,027	0,182	71	14	15
(2NPK)							
6	0,141	0,031	0,029	0,201	70	15	15
6'	0,159	0,035	0,035	0,229	70	15	15
6''	0,148	0,033	0,036	0,217	68	16	16
6'''	0,148	0,040	0,033	0,221	68	18	14
(3NPK)							
7	0,150	0,035	0,032	0,217	70	16	14
7'	0,127	0,030	0,029	0,186	68	16	16
7''	0,139	0,030	0,033	0,202	69	15	16
7'''	0,132	0,031	0,032	0,195	68	16	16

Tabelle 110: Feldversuch 1961. Stufe 43.

Der prozentuale Glykosidgehalt der Droge von verschieden gedüngten Pflanzen.

Nach Ausschaltung des Bodenfehlers in der oben beschriebenen Weise (siehe Seite 151) ergeben sich aber folgende Werte:

Düngung		% Abweichung des Gehalts vom Gesamtmittelwert	% Glykosidgehalt der Droge	% Steigerung des Glykosidgehalts
Ungedüngt	(Parz.1)	96	0,197	100
NPK	(Parz.2)	96	0,197	100
N_2PK	(Parz.3)	99	0,204	103
NP_2K	(Parz.4)	97	0,199	101
NPK_2	(Parz.5)	102	0,210	106
2NPK	(Parz.6)	106	0,218	110
3NPK	(Parz.7)	102	0,210	106

Tabelle 111: Feldversuch 1961. Sippe 43.
Der prozentuale Glykosidgehalt der Droge von verschieden gedüngten Pflanzen (errechnete Mittelwerte).

Der Glykosidgehalt der Droge erfährt also nur eine deutliche Steigerung bei der doppelten Grunddüngung 2NKP. Bei der doppelten Kalidüngung NPK_2 und bei der dreifachen Grunddüngung 3NPK ist der Gehalt etwas geringer. Durch die Düngung NPK, N_2PK und NP_2K wird zwar eine Steigerung der Drogenausbeute erreicht, die Droge besitzt aber ungefähr denselben Gehalt wie die von den ungedüngten Pflanzen stammende Droge.

Bei den Pflanzen der Sippe 43 wird also unter den gegebenen Bodenverhältnissen und den Witterungsbedingungen des Jahres 1961 nur durch die Düngergaben 2NPK, NPK_2 und 3NPK eine Steigerung des Glykosidgehalts der Droge erzielt, welcher schon bei den ungedüngten Pflanzen sehr hoch liegt (siehe Abb. 56).

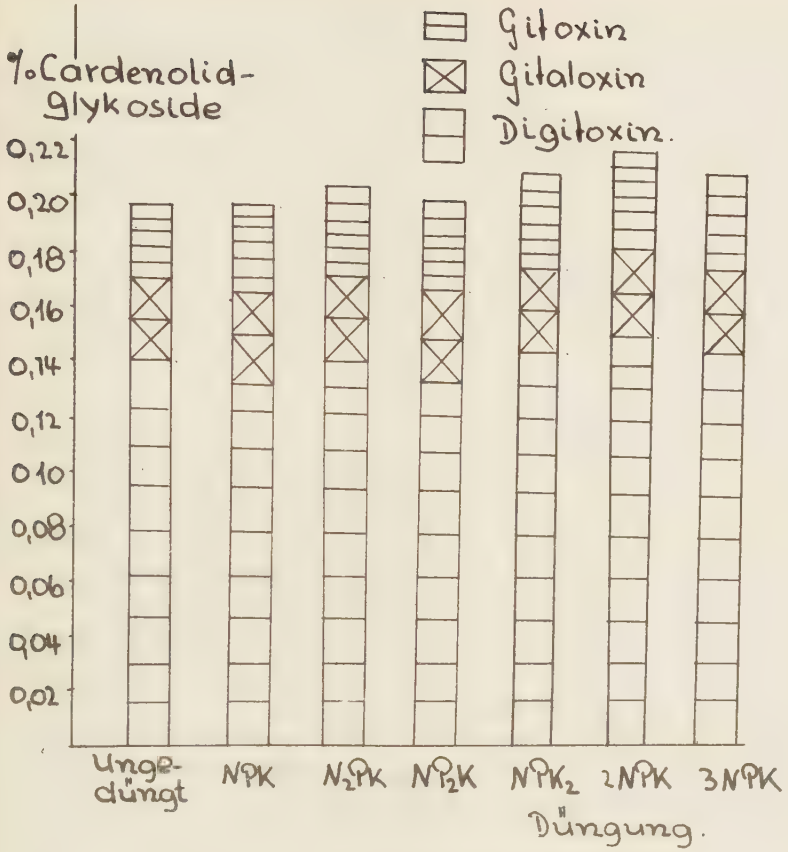

Abb. 56: Der prozentuale Glykosidgehalt der Droge von verschieden gedüngten Pflanzen.
Feldversuch 1961. Sippe 43.

Diese Sippe besitzt einen hohen prozentualen Glykosidgehalt der Droge. Der Anteil des Digitoxins am Gesamtglykosidgehalt ist außerordentlich hoch.

4. Die Versuche mit Kurztag und Abkühlung 1960

Im Jahr 1960 wurden die im verkürzten Tag aufgewachsenen Pflanzen (6-Stundentag- und 9-Stundentagpflanzen) sowie die Normal-Langtagpflanzen der Sippen 09 und 03 am 4.8. geerntet. Die 12-Stundentagpflanzen und die 12-Stundentagpflanzen mit einer Nachttemperatur von + 5° C wurden erst am 18.10.1960 geerntet.

Der Glykosidgehalt der Droge der 6-Stundentag- und 9-Stundentagpflanzen ist sowohl bei der Sippe 09 als bei der Sippe 03 etwas höher als der Gehalt der von Normal-Langtagpflanzen stammenden Droge (siehe Tabelle 112).

	Glykosidgehalt der Droge			Summe der 3 Hauptglykoside %	Anteil der 3 Hauptglykoside am Gesamtgehalt		
	Digitoxin %	Gitaloxin %	Gitoxin %		Digitoxin %	Gitaloxin %	Gitoxin %
Normal-Langtagpflanze Sippe 09	0,037	0,033	0,019	0,089	42	37	21
6-Stundentagpflanze Sippe 09	0,040	0,036	0,020	0,096	42	37	21
Normal-Langtagpflanze Sippe 03	0,020	0,028	0,020	0,068	29	42	29
6-Stundentagpflanze Sippe 03	0,022	0,036	0,022	0,080	27,5	45	27,5
9-Stundentagpflanze Sippe 03	0,023	0,034	0,023	0,080	28,5	43	28,5
12-Stundentagpflanze Sippe 03	0,028	0,029	0,019	0,076	37	38	25
12-Stundentagpflanze (Nachtt.+5°C) Sippe 03	0,030	0,019	0,016	0,065	47	29	24

Tabelle 112: Versuche mit Kurztag und Abkühlung 1960. Sippen 09 und 03.

Der prozentuale Glykosidgehalt der Droge von Pflanzen, welche bei verschiedener Tageslänge kultiviert worden sind.

Der Anteil der 3 Hauptglykoside am Gesamtglykosidgehalt ist bei den Drogen einer Sippe konstant, unabhängig von der Tageslänge, bei der die Pflanzen kultiviert worden sind.

Die 12-Stundentagpflanzen, welche einer Nachttemperatur von + 5° C ausgesetzt worden sind, weisen einen niedrigeren Glykosidgehalt der Droge auf, als die 12-Stundentagpflanzen, welche während der Dunkelperiode nicht in den Kühlschrank gebracht worden sind. Bei ihnen ist der Anteil von Gitaloxin und Digitoxin am Gesamtgehalt im Vergleich zu den 12-Stundentagpflanzen verschoben (siehe Tabelle 112).

Bei den Drogen von Pflanzen der Sippe 09 ist der Anteil von Mono- und Bisdigitoxosiden am Gesamtgehalt der Glykoside gering (unter 10%), bei den Drogen von Pflanzen der Sippe 03 ist er mittelmäßig (um 10%).

5. Die Versuche mit Kurztag und Abkühlung 1961

1. Versuchsreihe: Die Pflanzen dieser Versuchsreihe wurden am 7.9.1961 geerntet (siehe Einleitung, Seite 19).

Die von den Pflanzen der Herkunft 22 stammende Droge ist eine Digitoxindroge, denn ihr Gesamtglykosidgehalt besteht zu ca. 75% aus Digitoxin. Der Anteil von Mono- und Bisdigitoxosiden am Gesamtgehalt der 3 Hauptglykoside ist mittelmäßig (um 10%).

Tabelle 113 enthält die Ergebnisse der quantitativen Glykosidbestimmungen. Der Glykosidgehalt der Droge ist, wie beim Versuch des Jahres 1960, bei den 6-Stundentagpflanzen und bei den 9-Stundentagpflanzen etwa gleich wie bei den Normal-Langtagpflanzen. Der Gehalt der 12-Stundentagpflanzen ist etwas niedriger.

Die stark in ihrem Wachstum gehemmten 12-Stundentagpflanzen, die bei einer Nachttemperatur von + 5° C aufgewachsen sind, liefern eine Droge mit einem geringeren Glykosidgehalt als die 12-Stundentagpflanzen, welche nachts nicht abgekühlt worden sind.

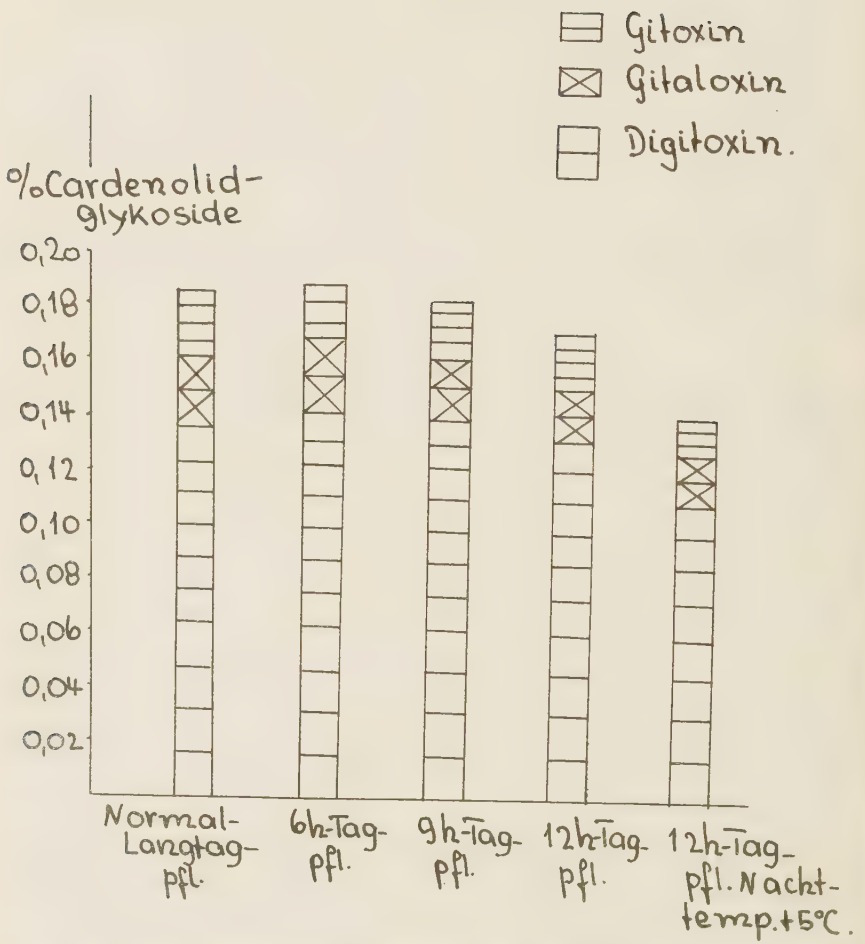

Abb. 57: Der prozentuale Glykosidgehalt der Droge von Pflanzen, die bei verschiedener Tageslänge kultiviert worden sind.
Versuch 1961. Sippe 22. 1.Versuchsreihe.

Der Glykosidgehalt der Droge ist bei den Pflanzen, welche bei verschiedener Tageslänge kultiviert worden sind, annähernd gleich, nur bei den nachts auf +5°C abgekühlten 12-Stundentagpflanzen etwas niedriger.
Der Anteil der 3 Hauptglykoside am Gesamtgehalt ist annähernd konstant.

	Glykosidgehalt der Droge			Summe der 3 Hauptglykoside	Anteil der 3 Hauptglykoside am Gesamtgehalt		
	Digitoxin %	Gitaloxin %	Gitoxin %	%	Digitoxin %	Gitaloxin %	Gitoxin %
Normal-Langtagpflanzen	0,135	0,025	0,025	0,185	74	13	13
6-Stundentagpflanzen	0,140	0,027	0,020	0,187	75	14	11
9-Stundentagpflanzen	0,138	0,021	0,022	0,181	76	12	12
12-Stundentagpflanzen	0,131	0,019	0,018	0,168	78	11	11
12-Stundentagpfl. mit +5°C Nachtt.	0,109	0,018	0,014	0,141	77	13	10

Tabelle 113: Versuche mit Kurztag und Abkühlung 1961.
Sippe 22. 1. Versuchsreihe.

Der prozentuale Glykosidgehalt der Droge von Pflanzen, welche bei verschiedener Tageslänge kultiviert worden sind.

Bei allen diesen Drogen ist der Anteil der 3 Hauptglykoside am Gesamtglykosidgehalt gleich. Kleine Abweichungen können durch geringe Schwankungen des Gehalts an Mono- und Bisdigitoxosiden erklärt werden.

2. Versuchsreihe: Die Pflanzen dieser Versuchsreihe wurden am 9.10.1961 geerntet. Versuchsbedingungen siehe Einleitung, Seite 19.

Die 9-Stundentagpflanzen und die 9-Stundentagpflanzen, welche bei einer Nachttemperatur von + 5° C kultiviert worden sind, weisen einen etwas höheren Glykosidgehalt der Droge auf, als die Normal-Langtagpflanzen. Der Gehalt der 12-Stundentagpflanzen ist etwa gleich hoch, wie 4 Wochen vorher; er ist aber etwas niedriger als der Gehalt der 9-Stundentagpflanzen. Die nachts abgekühlten 12-Stundentagpflanzen weisen, nachdem sie 4 Wochen unter Normalbedingungen weitergewachsen sind, den gleichen Glykosidgehalt auf wie die 12-Stundentagpflanzen. Ihre Blattmasse ist aber noch

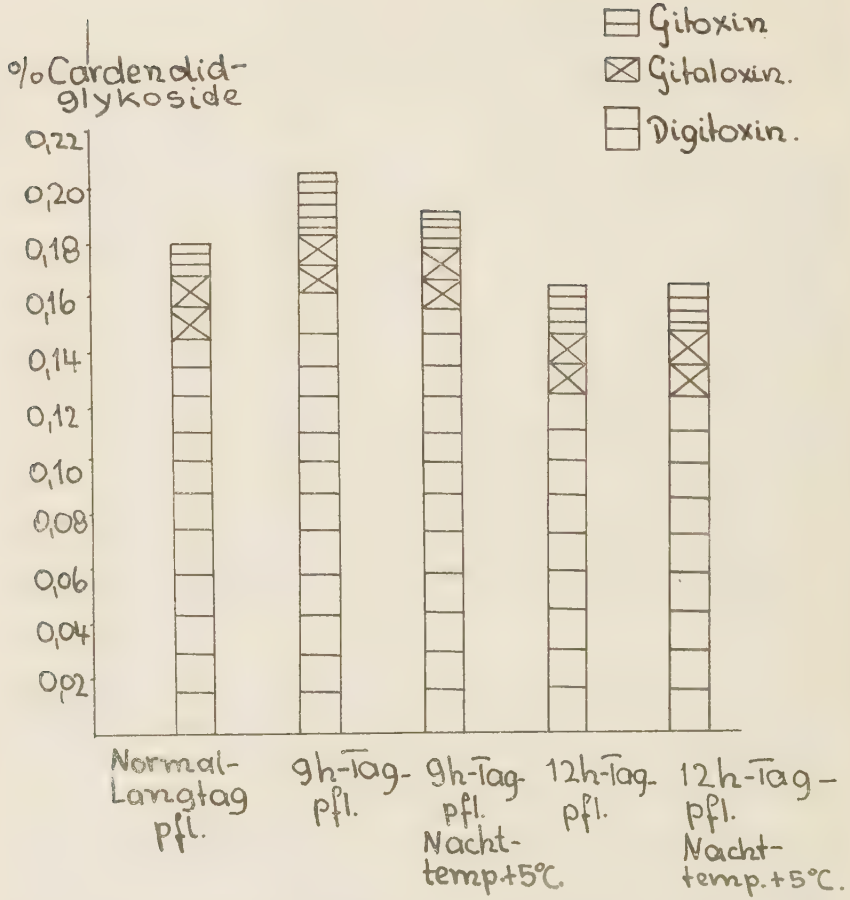

Abb. 58: Der prozentuale Glykosidgehalt der Droge von Pflanzen, welche bei verschiedener Tageslänge kultiviert worden sind.
Versuch 1961. Sippe 22. 2.Versuchsreihe.

Ein Teil der 9-Stundentagpflanzen wurde nachts auf +5°C abgekühlt und sofort nach Abschluß des Versuchs geerntet. Ein Teil der 12-Stundentagpflanzen wurde bis 4 Wochen vor der Ernte nachts auf +5°C abgekühlt und dann bis zur Ernte unter Normalbedingungen weiterkultiviert.

wesentlich geringer als die der nachts nicht abgekühlten Vergleichspflanzen.

Der Anteil der 3 Hauptglykoside am Gesamtgehalt ist auch bei allen diesen Pflanzen weitgehend gleich (siehe Tabelle 114).

	Glykosidgehalt der Droge			Summe der 3 Hauptglykoside	Anteil der 3 Hauptglykoside am Gesamtgehalt		
	Digitoxin %	Gitaloxin %	Gitoxin %	%	Digitoxin %	Gitaloxin %	Gitoxin %
Normal-Langtagpflanzen	0,144	0,023	0,014	0,181	78	12	10
9-Stundentagpflanzen	0,160	0,023	0,022	0,205	78	11	11
9-Stundentagpflanzen (Nachtt.+5°C)	0,154	0,023	0,016	0,193	80	12	8
12-Stundentagpflanzen	0,124	0,021	0,018	0,163	76	13	11
12-Stundentagpflanzen (Nachtt.+5°C)	0,122	0,024	0,018	0,164	75	14	11

Tabelle 114: Versuche mit Kurztag und Abkühlung 1961. Sippe 22. 2. Versuchsreihe.

Der prozentuale Glykosidgehalt der Droge von Pflanzen, welche bei verschiedener Tageslänge kultiviert worden sind.

Diese Versuche ergeben also, daß die Höhe des Glykosidgehalts der Droge von Digitalis purpurea durch die Tageslänge, in der die Pflanzen aufgewachsen sind, nicht erheblich beeinflußt wird. Die auffallend gelbgrün gefärbten Blätter der im 6-Stundentag kultivierten Pflanzen haben annähernd denselben prozentualen Glykosidgehalt wie die Blätter der 9-Stundentagpflanzen. Werden die im 12-Stundentag kultivierten Pflanzen nachts auf + 5° C abgekühlt, so werden sie im Wachstum stark gehemmt und der Glykosidgehalt der Blätter sinkt. Sie erholen sich auch nicht während 4 Wochen unter normalen Bedingungen. Diese anhaltende Wachstumshemmung

macht es verständlich, daß man sich im Digitalisanbau vor zu frühem Auspflanzen, solange noch Nachtfrostgefahr besteht, hütet.

Bringt man aber schon ausgewachsene Pflanzen in einen 9-Stundentag und hält sie nachts bei einer Temperatur von + 5° C, so tritt kein Absinken des Glykosidgehalts der Droge ein, sondern sogar eine geringe Gehaltssteigerung gegenüber den Normal-Langtagpflanzen. Diese Versuchsbedingungen entsprechen etwa den Verhältnissen, denen die Pflanzen in der Natur im Spätherbst ausgesetzt sind. Das Ergebnis des Versuchs beweist, daß man im Digitalisanbau zu Recht sehr spät erntet, um das Wachstum der Pflanzen im Herbst noch voll auszunützen. Es ist nicht zu befürchten, daß dadurch der Glykosidgehalt der Droge absinkt.

Die mikroskopische Untersuchung der nachts auf + 5° C abgekühlten Pflanzen beider Jahre ergab, daß kurz vor der Ernte bei keiner dieser Pflanzen eine Blüte angelegt war.

III. Der mittlere Cardenolidglykosidgehalt einer Pflanze

Die Untersuchungen haben ergeben, daß die Digitalispflanzen je nach den Umweltbedingungen, unter denen sie aufgewachsen sind, Unterschiede im Blattertrag wie auch im Glykosidgehalt der Droge aufweisen können.

Im mittleren Cardenolidglykosidgehalt einer Pflanze kommt die Wirkung beider Faktoren zum Ausdruck.

1. Die Kultur in Mitscherlichtöpfen 1960

Abb. 59 und Tabelle 115 zeigen, daß der mittlere Glykosidgehalt einer Pflanze in der Düngereihe A im Vergleich zu den meisten Pflanzen der anderen Düngereihen gering ist.

Düngestufe	mittl.Trockengewicht einer Pflanze in g	mittl.Glykosidgehalt einer Pflanze in mg
A/1 (3,75 g N)	6,4	5,1
A/2 (5,0 g N)	3,8	3,4
A/3 (3,75 g N)	8,5	8,8
A/4 (5,0 g N)	7,3	7,3
B/1 (0,5 g P_2O_5)	2,0	1,06
B/2 (1,0 g P_2O_5)	9,9	9,4
B/3 (2,0 g P_2O_5)	13,1	14,4
B/4 (3,0 g P_2O_5)	7,2	6,2
B/5 (5,0 g P_2O_5)	11,2	9,9
C/1 (1,25 g K_2O)	13,4	14,3
C/2 (2,5 g K_2O)	14,9	17,7
C/3 (3,75 g K_2O)	14,0	15,5
C/4 (5,0 g K_2O)	15,0	14,0
C/5 (7,5 g K_2O)	16,1	16,9

Tabelle 115: Kultur in Mitscherlichtöpfen 1960. Sippe 03.

Das mittlere Trockengewicht und der mittlere Glykosidgehalt einer Pflanze bei verschiedener Düngung.

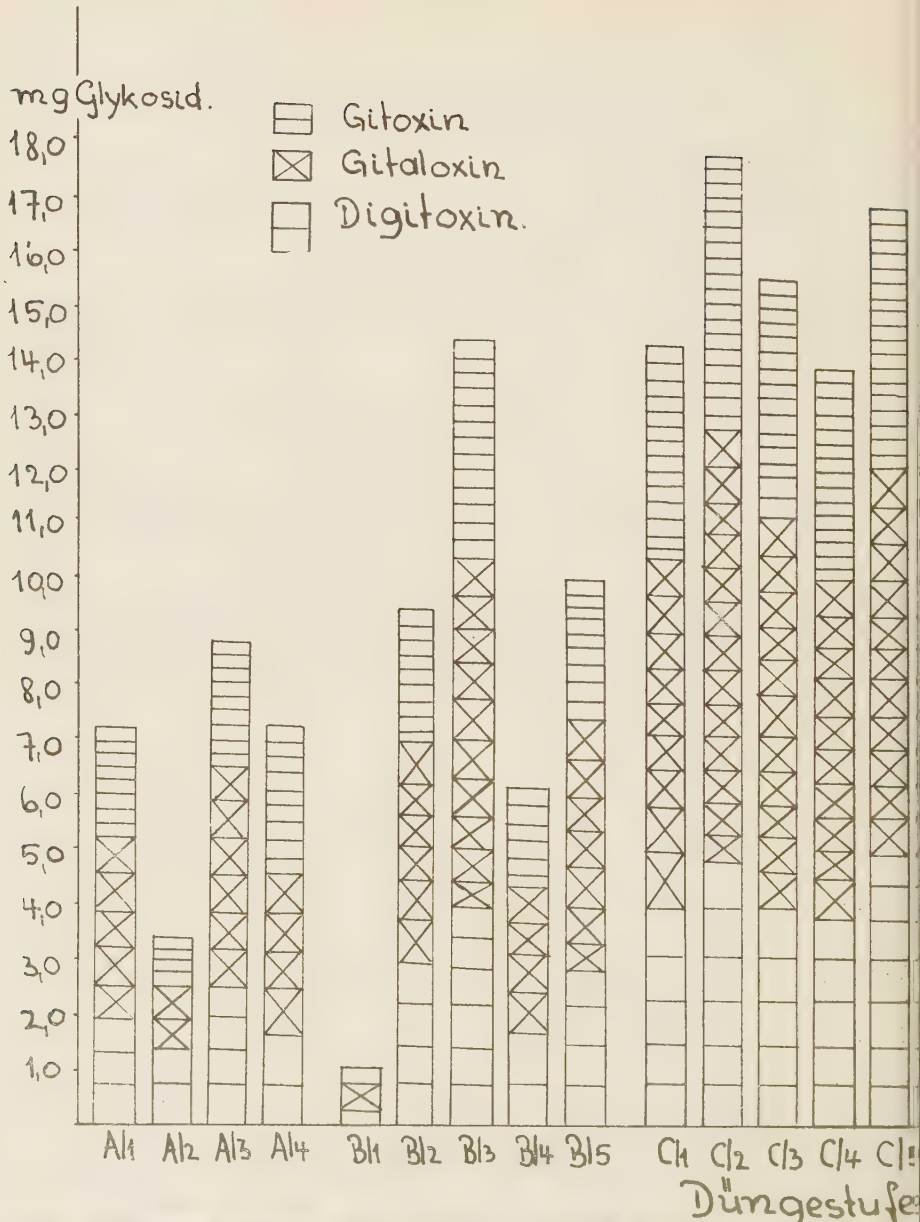

Abb. 59: Der mittlere Gehalt einer Pflanze an Cardenolidglykosi
Kultur in Mitscherlichtöpfen 1960. Sippe 03.

Bei der Düngestufe C/2 (2,5 g K2O pro Mitscherlichtopf) wird d
höchste Glykosidgehalt erreicht.
Infolge des geringen prozentualen Glykosidgehalts der Droge un
der sehr geringen Drogenausbeute weist eine Pflanze der Dünge-
stufe B/1 (niedrigste Phosphatgabe) im Mittel den niedrigsten
Glykosidgehalt auf.

In der Phosphatdüngereihe B wird der höchste Glykosidgehalt einer Pflanze erreicht bei der Düngestufe B/3 (2,0 g P_2O_5 pro Mitscherlichtopf). Hier trifft ein hoher Blattertrag mit hohem Glykosidgehalt zusammen. Am geringsten ist er bei der Düngestufe B/1 (0,5 g P_2O_5 pro Mitscherlichtopf), welche eine sehr geringe Ausbeute von Blättern mit niedrigem Glykosidgehalt liefert.

In der Kaliumdüngereihe C liegen die Werte insgesamt höher als in den anderen Düngereihen, entsprechend einer hohen Drogenausbeute bei einem relativ hohen Glykosidgehalt. Der höchste Wert in dieser Reihe wird erreicht bei der Düngestufe C/2 (2,5 g K_2O pro Mitscherlichtopf), siehe Abb. 59.

Auf einem sehr nährstoffarmen Boden ergab eine mittlere Stickstoff-, Phosphat- und Kaliumdüngung einen bedeutenden Ertrag von Blättern mit hohem Glykosidgehalt.

2. Der Feldversuch 1960

Die ungedüngten Pflanzen der Sippe 09 liefern die geringste Drogenausbeute und haben den geringsten prozentualen Glykosidgehalt. Somit ist bei diesen Pflanzen auch der mittlere Glykosidgehalt einer Pflanze am niedrigsten.

Düngung		mittl. Trockengewicht einer Pfl. in g	% Steigerung des Trockengewichts	mittl. Glykosidgehalt einer Pfl. in mg
Ungedüngt	(Parz.1)	35,0	100	41,7
NPK	(Parz.2)	39,0	113	54,2
N_2PK	(Parz.3)	47,0	135	68,6
NP_2K	(Parz.4)	44,0	127	55,4
NPK_2	(Parz.5)	39,0	113	53,8
2NPK	(Parz.6)	43,0	125	54,6

Tabelle 116: Feldversuch 1960. Sippe 09.
Das mittlere Trockengewicht und der mittlere Glykosidgehalt einer Pflanze bei verschiedener Düngung.

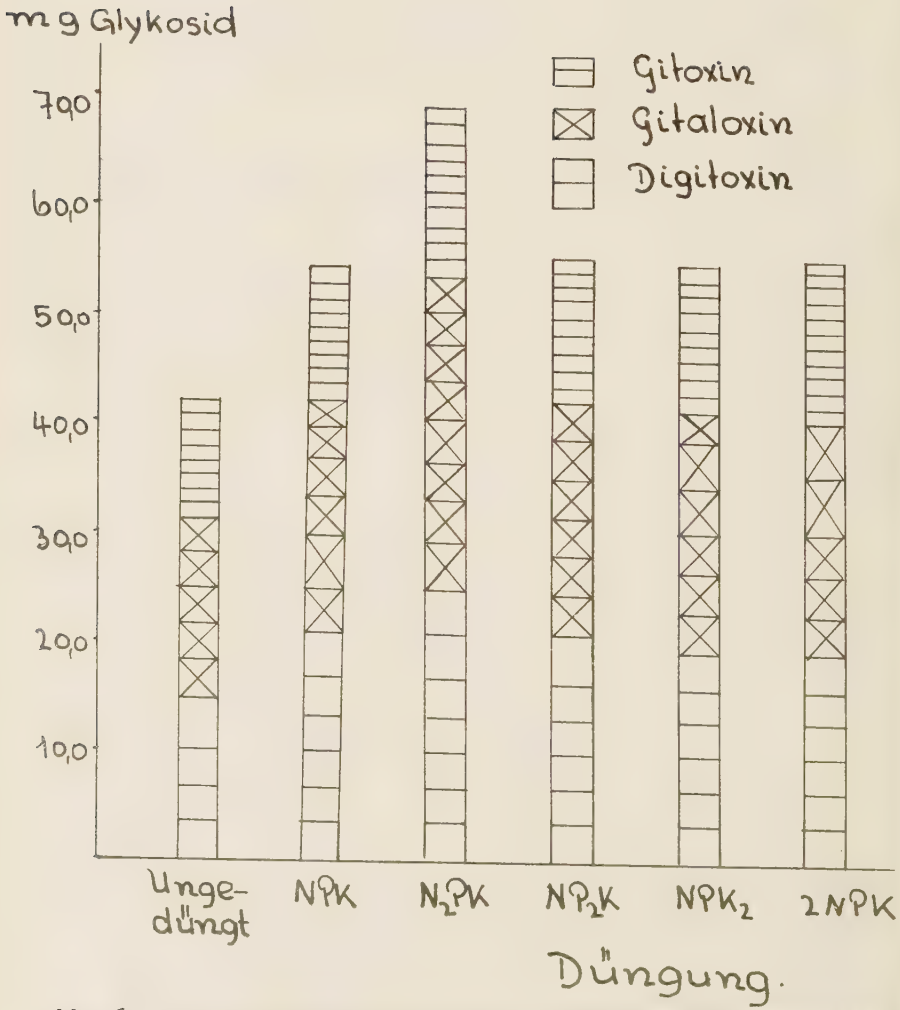

Abb. 60: Der mittlere Gehalt einer Pflanze an Cardenolidglykosid.
Feldversuch 1960. Sippe 09.

Bei allen gedüngten Pflanzen ist der mittlere Gehalt einer Pflanze höher als bei den ungedüngten. Der höchste Glykosidgehalt wird erreicht bei den Pflanzen, welche die Düngung N_2PK erhalten haben.

Der höchste Wert wird erreicht bei den Pflanzen mit der doppelten Stickstoffdüngung N_2PK, welche sowohl den höchsten Glykosidgehalt der Droge als auch die höchste Drogenausbeute aufweisen.

Bei allen übrigen gedüngten Pflanzen liegt der mittlere Cardenolidglykosidgehalt einer Pflanze zwischen den beiden Extremwerten auf gleicher Höhe (siehe Abb. 60).

3. Der Feldversuch 1961

Im Feldversuch 1961 erreichen die Pflanzen der Sippe 43, welche die einfache Grunddüngung NPK, die doppelte Phosphatdüngung NP_2K oder die doppelte Grunddüngung 2NPK erhalten haben, den höchsten mittleren Glykosidgehalt einer Pflanze. Die ungedüngten Pflanzen weisen wiederum den niedrigsten Wert auf (siehe Abb. 61 und Tabelle 117).

Düngung		mittl.Trokkengewicht einer Pfl. in g	% Steigerung des Trockengewichts	mittl.Glykosidgehalt einer Pfl. in mg
Ungedüngt	(Parz.1)	35,0	100	68,5
NPK	(Parz.2)	55,0	157	108,0
N_2PK	(Parz.3)	48,0	138	98,0
NP_2K	(Parz.4)	55,0	157	110,0
NPK_2	(Parz.5)	46,0	133	97,0
2NPK	(Parz.6)	50,0	142	108,0
3NPK	(Parz.7)	44,5	127	93,0

Tabelle 117: Feldversuch 1961. Sippe 43.
Das mittlere Trockengewicht und der mittlere Glykosidgehalt einer Pflanze bei verschiedener Düngung.

Die Unterschiede im Glykosidgehalt einer Pflanze zwischen den Pflanzen niedersten und höchsten Gehalts sind bei der Sippe 43 größer als bei der Sippe 09. - Im Jahr 1960 liefert die doppelte Stickstoffdüngung N_2PK die Pflanze, welche die höchste Glykosidmenge enthält. Im Jahr 1961 enthalten

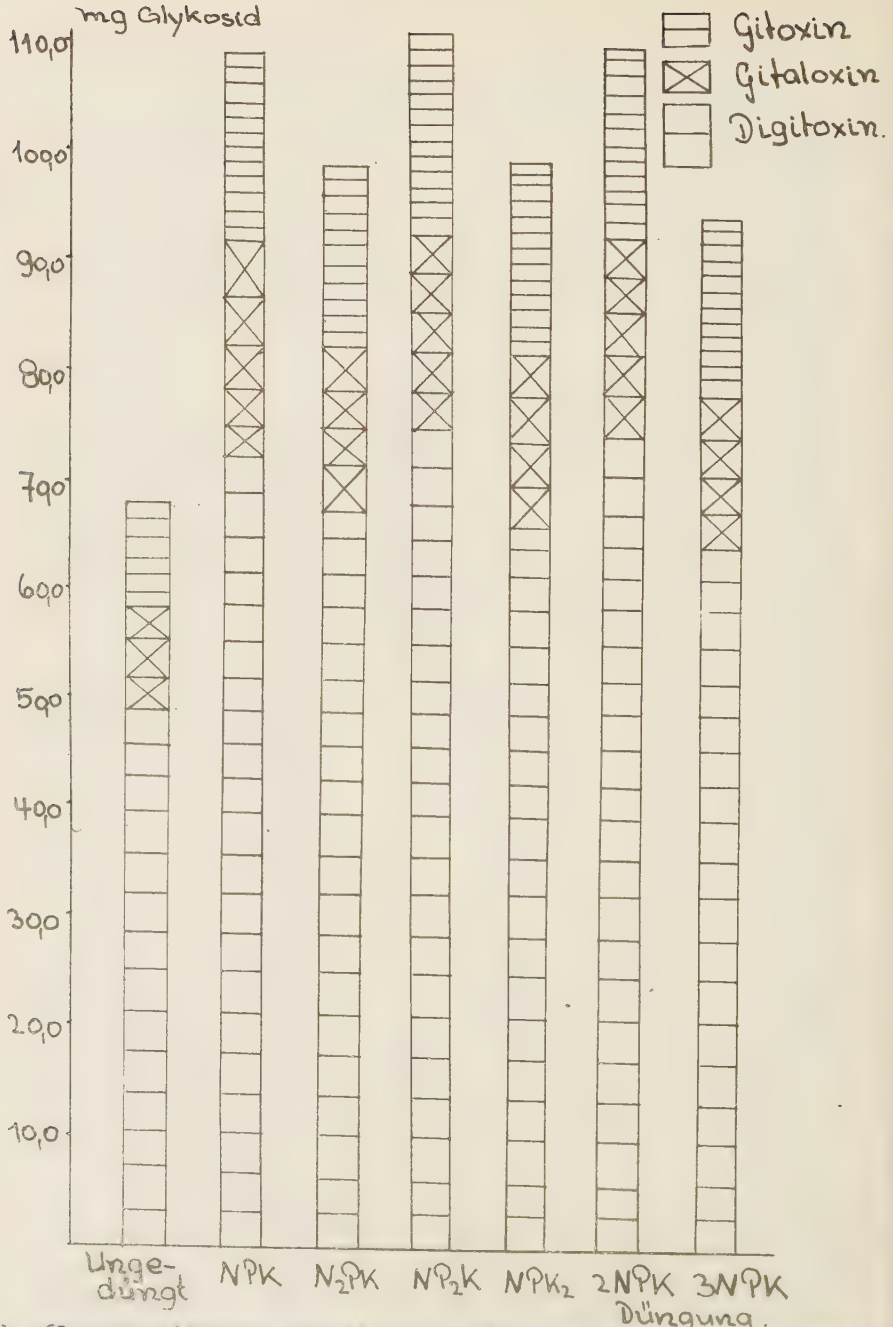

Abb. 61: Der mittlere Gehalt einer Pflanze an Cardenolidglykosid. Feldversuch 1961. Sippe 43.

Alle gedüngten Pflanzen dieser besonders digitoxinreichen Sippe weisen einen höheren Gehalt auf als die ungedüngten, bei einem gleichbleibenden Anteil der 3 Hauptglykoside am Gesamtgehalt.

die Pflanzen, welche die Düngung NPK, NP_2K oder 2NPK erhalten haben, die größte Menge Glykosid.

Die Sippe 09 reagiert auf Mineraldüngung sowohl durch Steigerung der Blattausbeute als auch durch Steigerung des prozentualen Glykosidgehalts der Droge.

Bei der Sippe 43, die einen sehr viel höheren Glykosidgehalt der Droge besitzt, tritt bei Mineraldüngung eine größere Steigerung der Blattausbeute, dagegen aber keine so große Steigerung des Glykosidgehalts der Droge auf. Diese Unterschiede machen die verschiedene quantitative Reaktion der beiden Sippen auf die Düngerkombinationen verständlich.

4. Die Versuche mit Kurztag und Abkühlung 1961

	Zahl der Seiten-rosetten	Prozent Trocken-gewicht
Normal-Langtagpfl.	5 - 8	14,0
6-Stundentagpfl.	0 - 2	11,7
9-Stundentagpfl.	3 - 7	12,3
12-Stundentagpfl.	3 - 7	13,3
12-Stundentagpfl. (Nachttemp.+5°C)	0 - 1	18,0

Tabelle 118: Versuche mit Kurztag und Abkühlung 1961. Sippe 22. 1. Versuchsreihe.

Die Zahl der Seitenrosetten und das prozentuale Trokkengewicht bei Pflanzen, welche bei verschiedener Tageslänge kultiviert worden sind.

Das prozentuale Trockengewicht ist bei den 6-Stundentagpflanzen deutlich geringer als bei den Normal-Langtagpflanzen. Die Werte der 9-Stundentag- und der 12-Stundentagpflanzen liegen dazwischen. Bei den 12-Stundentagpflanzen, welche nachts auf + 5° C abgekühlt wurden, ist der Wert wesentlich höher (siehe Tabelle 118).

Die Ausbildung von Seitenrosetten ist bei den 6-Stundentagpflanzen und bei den nachts abgekühlten 12-Stundentagpflanzen stark gehemmt. Auf den folgenden Abbildungen ist dies zu erkennen.

Abb. 62: Links eine 6-Stundentagpflanze, rechts eine 9-Stundentagpflanze (Sippe 22).

Abb. 63: Links eine 12-Stundentagpflanze, rechts eine Normal-Langtagpflanze (Sippe 22).

Abb. 64: 12-Stundentagpflanzen, welche nachts auf + 5° C abgekühlt wurden (Sippe 22).

Die 6-Stundentagpflanzen sind auffallend gelbgrün gefürbt. Ihre Rosettenblätter neigen steil zusammen, im Gegensatz zu den breit ausladenden Rosettenblättern der Normal-Langtagpflanzen.

Die 9-Stundentag- und die 12-Stundentagpflanzen zeigen dieselbe Wuchsform wie die Normal-Langtagpflanzen.

1. Versuchsreihe:

Trotzdem die in einem verkürzten Tag aufgewachsenen Pflanzen annähernd denselben prozentualen Glykosidgehalt der Droge besitzen wie die Normal-Langtagpflanzen (siehe Abb. 57), ist bei ihnen der mittlere Glykosidgehalt einer Pflanze doch wesentlich geringer, weil die Blattausbeute sehr stark vermindert ist.

Wie Tabelle 119 und Abb. 65 zeigen, beträgt der mittlere Gehalt an Glykosid einer 6-Stundentagpflanze nur etwa 1/5, der Gehalt einer 9-Stundentagpflanze etwa die Hälfte und der Glykosidgehalt einer 12-Stundentagpflanze etwa 2/3 des Gehalts einer Normal-Langtagpflanze. Am geringsten ist der mittlere Glykosidgehalt einer Pflanze bei den 12-Stundentagpflanzen, welche nachts auf + 5° C abgekühlt wurden.

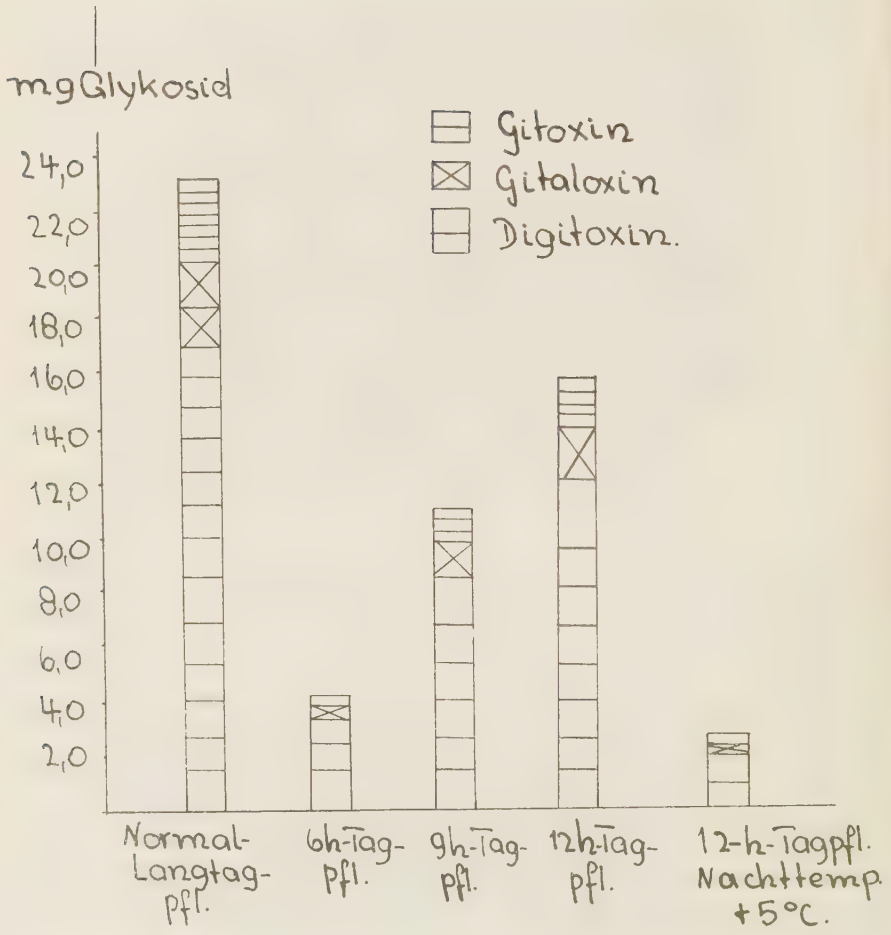

Abb. 65: Der mittlere Gehalt einer Pflanze an Cardenolidglykosid.
Versuche mit Kurztag und Abkühlung 1961.
Sippe 22 (digitoxinreiche Sippe wie Sippe 43, siehe Abb. 61) 1. Versuchsreihe.

Alle in einem verkürzten Tag kultivierten Pflanzen sowie die 12-Stundentagpflanzen, welche nachts auf +5°C abgekühlt worden sind, weisen infolge ihrer geringen Drogenausbeute einen geringeren mittleren Gehalt pro Pflanze auf als die Normal-Langtagpflanzen. Der Anteil der einzelnen Glykoside am Gesamtgehalt bleibt, unabhängig von dessen absoluter Höhe, gleic

	mittl.Trok-kengewicht einer Pfl. in g	mittl.Gly-kosidgehalt einer Pfl. in mg
Normal-Langtagpfl.	12,5	23,1
6-Stundentagpfl.	2,3	4,3
9-Stundentagpfl.	6,2	11,2
12-Stundentagpfl.	9,4	15,8
12-Stundentagpfl. (Nachttemp.+5°C)	1,9	2,7

Tabelle 119: Versuche mit Kurztag und Abkühlung 1961. Sippe 22. 1. Versuchsreihe.

Das mittlere Trockengewicht und der mittlere Glykosidgehalt einer Pflanze.

2. Versuchsreihe:

	mittl.Trok-kengewicht einer Pfl. in g	mittl.Gly-kosidgehalt einer Pfl. in mg
Normal-Langtagpfl.	13,3	24,0
9-Stundentagpfl.	12,7	26,0
9-Stundentagpfl. (Nachttemp.+5°C)	8,0	15,4
12-Stundentagpfl.	9,5	15,4
12-Stundentagpfl. (Nachttemp.+5°C)	3,0	4,9

Tabelle 120: Versuche mit Kurztag und Abkühlung 1961. Sippe 22. 2. Versuchsreihe.

Das mittlere Trockengewicht und der mittlere Glykosidgehalt einer Pflanze.

Der mittlere Glykosidgehalt einer Pflanze ist bei den 9-Stundentagpflanzen und bei den Normal-Langtagpflanzen annähernd gleich (siehe Abb. 66).

Die 9-Stundentagpflanzen, welche nachts auf + 5° C abgekühlt wurden, weisen einen niedrigeren Gehalt auf. Diese

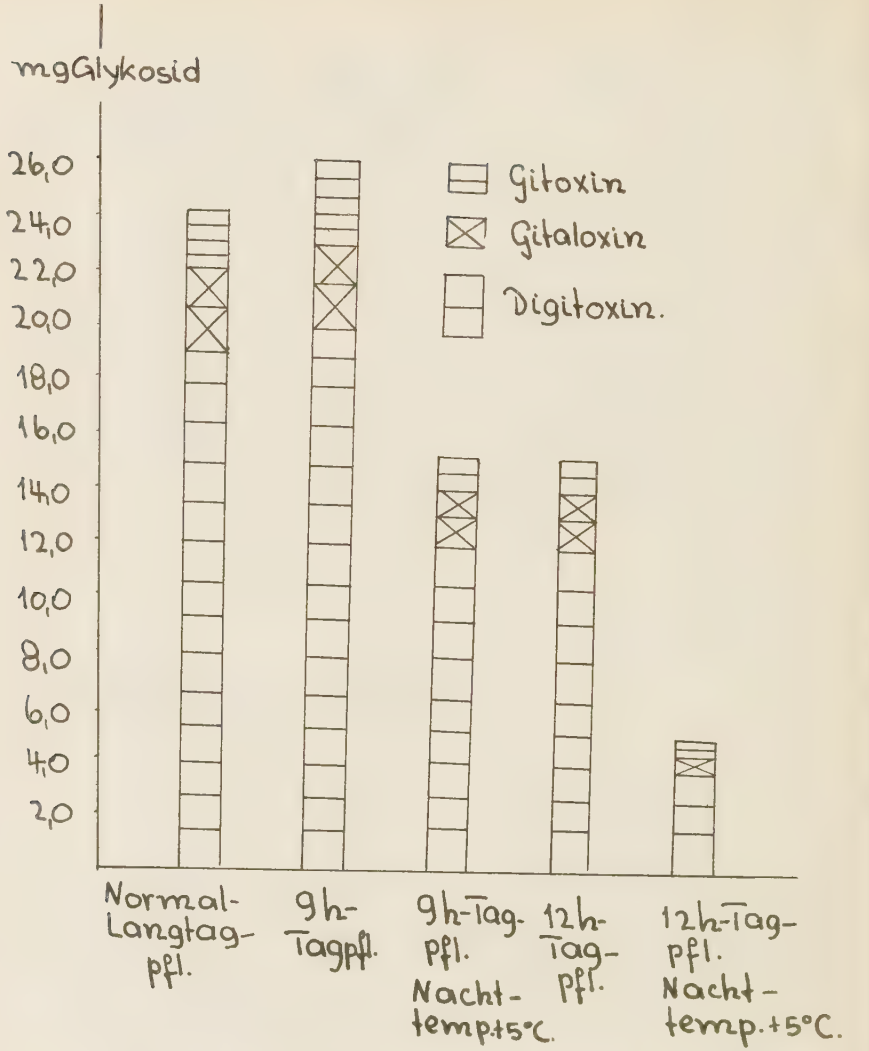

Abb. 66: Der mittlere Gehalt einer Pflanze an Cardenolid-glykosid.
Versuche mit Kurztag und Abkühlung 1961.
Sippe 22. 2. Versuchsreihe.

Die Drogenausbeute ist bei den 9-Stundentagpflanzen, welche nachts auf +5°C abgekühlt worden sind, und bei allen 12-Stundentagpflanzen gering. Deshalb weisen sie auch einen niedrigen mittleren Gehalt einer Pflanze an Glykosid auf.

Gehaltsminderung ist wahrscheinlich nicht nur auf die Versuchsbedingungen zurückzuführen sondern auch auf den Nebenumstand, daß die Pflanzen täglich zwischen dem Kühlschrank und einem Frühbeet hin- und hergetragen und dadurch im Wachstum gehemmt wurden.

Die 12-Stundentagpflanzen dieser Versuchsreihe enthalten etwa die gleiche Menge Glykosid pro Pflanze wie die 12-Stundentagpflanzen der 1. Versuchsreihe.

Der mittlere Glykosidgehalt einer 12-Stundentagpflanze, welche nachts auf + 5° C abgekühlt und vom 7.9.1961 bis 9.10.1961 unter Normalbedingungen weiterkultiviert wurde, hat infolge der Zunahme des Blattertrags etwas zugenommen. Der Gehalt liegt aber noch immer wesentlich unter dem Gehalt der 12-Stundentagpflanzen, welche nachts nicht in den Kühlschrank gebracht worden sind.

In allen diesen Versuchen haben die in einem verkürzten Tag und bei einer Nachttemperatur von + 5° C kultivierten Pflanzen einen wesentlich niedrigeren mittleren Glykosidgehalt pro Pflanze als die Normal-Langtagpflanzen. Dies ist im wesentlichen auf den geringen Blattertrag der zeitweise verdunkelten Pflanzen zurückzuführen (vgl. Tabelle 119 und Tabelle 120).

Trotz der großen Unterschiede in der Blattmasse und entsprechend im mittleren Gehalt einer Pflanze an Glykosid bleibt der Anteil der 3 Hauptglykoside am Gesamtglykosidgehalt konstant.

Zusammenfassung

1.) Bei der Kultur von Digitalispflanzen unter verschiedenen Ernährungs-, Temperatur- und Beleuchtungsbedingungen ergeben sich signifikante Unterschiede in Blattform und Blattbau.

2.) Die Indices der Gliederhaare (der prozentuale Anteil der Gliederhaare an der Gesamtzahl der Epidermiszellen) sind bei allen Pflanzen derselben Sippe unter den verschiedenen Versuchsbedingungen, von wenigen Ausnahmen abgesehen, gleich. Dies gilt auch für die kurzgestielten Drüsenhaare.

3.) Die Salisbury-Indices der Spaltöffnungen auf der Blattunterseite sind bei allen gedüngten Pflanzen (Stickstoff - Phosphat - Kalium in verschieden hohen Gaben) höher als bei den ungedüngten Pflanzen. Bei allen drei während zweier Jahre im Feldversuch untersuchten Sippen erreichen sie jeweils den höchsten Wert bei den Pflanzen mit der doppelten Stickstoffdüngung N_2PK.

Bei den in einem verkürzten Tag (6-Stunden, 9-Stunden, 12-Stundentag) aufgewachsenen Pflanzen und bei den 12-Stundentagpflanzen, welche nachts auf + 5° C abgekühlt wurden, unterscheiden sich die Salisbury-Indices der Spaltöffnungen auf der Blattunterseite nur wenig.

4.) Bei den verschieden gedüngten Pflanzen sind die Unterschiede zwischen den Salisbury-Indices der Spaltöffnungen auf der Blattoberseite ähnlich denen zwischen den Indices der unterseitigen Spaltöffnungen, jedoch wesentlich weniger ausgeprägt.

Die im 6-Stundentag kultivierten Pflanzen weisen etwas höhere, die im 12-Stundentag aufgewachsenen Pflanzen niedrigere Indices der Spaltöffnungen auf der Blattoberseite auf als die Normal-Langtagpflanzen.

5.) Die Indices der Palisadenparenchymzellen sind bei allen gedüngten Pflanzen höher als bei den ungedüngten; die Palisadenparenchymzellen haben bei den gedüngten Pflanzen also einen geringeren Durchmesser. Der höchste Zahlenwert wird wiederum bei den Pflanzen mit der doppelten Stickstoffdüngung N_2PK erreicht.

Bei den Pflanzen, welche im 6-Stundentag kultiviert worden sind und bei den 12-Stundentagpflanzen, welche nachts auf + 5° C abgekühlt worden sind, sind die Palisadenindices kleiner als bei den Normal-Langtagpflanzen und bei den übrigen, in einem verkürzten Tag kultivierten Pflanzen.

6.) Die Streckung der Palisaden $\left(\frac{\text{Höhe der Palisaden}}{\text{Breite der Palisaden}}\right)$ ist bei allen gedüngten Pflanzen größer als bei den ungedüngten. Der höchste Wert wird auch hier erreicht bei den Pflanzen mit der doppelten Stickstoffdüngung N_2PK.

Bei den in einem verkürzten Tag aufgewachsenen Pflanzen ist die Streckung der Palisaden geringer als bei den Normal-Langtagpflanzen. Die Palisadenparenchymzellen der 6-Stundentagpflanzen sind am wenigsten gestreckt.

Entsprechend der verschiedenen Streckung der Palisaden ändern sich auch die Werte der Relationen

$$\frac{\text{Blattdicke}}{\text{Höhe der Palisaden}} \quad \text{und} \quad \frac{\text{Schwammparenchym}}{\text{Palisadenparenchym}}$$

7.) Die Unterschiede im Bau des Mesophylls, welche bei verschiedener Düngung und bei verschiedenen Tageslängen auftreten, sind bei den untersuchten Sippen nahezu identisch.

8.) Die Blattspreiten aller gedüngten Pflanzen sind relativ stärker langgestreckt als die der ungedüngten Pflanzen. Die Länge des Blattstiels im Verhältnis zur Länge der Blattspreite ist bei den gedüngten Pflanzen geringer als bei den ungedüngten.

Bei allen in einem verkürzten Tag kultivierten Pflanzen ist die Länge des Blattstiels im Verhältnis zur Länge der Blattspreite größer als bei den Normal-Langtagpflanzen. Die Form der Blattspreite ist dabei weitgehend konstant.

9.) Die gedüngten Pflanzen der einen untersuchten Sippe liefern eine Droge mit einem wesentlich höheren prozentualen Glykosidgehalt als die ungedüngten Pflanzen. Bei der zweiten untersuchten Sippe ist der Glykosidgehalt der Droge schon bei den ungedüngten Pflanzen sehr hoch; bei den gedüngten Pflanzen dieser Sippe ist die Gehaltssteigerung geringer.

Bei allen, in einem verkürzten Tag aufgewachsenen Pflanzen (6-Stundentag, 9-Stundentag, 12-Stundentagpflanzen) ist der prozentuale Glykosidgehalt der Droge annähernd gleich wie bei den Normal-Langtagpflanzen. Der prozentuale Glykosidgehalt der 12-Stundentagpflanzen, welche nachts auf + 5° C abgekühlt wurden, ist geringer.

10.) Mineralische Düngung, besonders vermehrte Stickstoff- und Phosphatdüngung, steigert die Blattausbeute sehr stark. Der mittlere Cardenolidglykosidgehalt einer Pflanze ist bei allen gedüngten Pflanzen einer Sippe deshalb höher als bei den ungedüngten.

Die bei einer verkürzten Tageslänge aufgewachsenen Pflanzen weisen, gegenüber den Normal-Langtagpflanzen, ein stark vermindertes mittleres Trockengewicht pro Pflanze und somit auch einen wesentlich niedrigeren mittleren Glykosidgehalt pro Pflanze auf.

11.) Der für eine Sippe charakteristische prozentuale Anteil der drei Hauptglykoside Digitoxin, Gitaloxin und Gitoxin am Gesamtglykosidgehalt bleibt, unabhängig von dessen absoluter Höhe, unter den verschiedenen Umweltbedingungen fast immer konstant.

Literaturverzeichnis

B o s h a r t	Düngungsversuche mit Fingerhut (Digitalis purpurea und Digitalis lanata) Heil- und Gewürzpflanzen XVII.97-119, 1936/37
C l e m e n t	Morphologische, anatomische und chemische Untersuchungen an Digitalis purpurea - Pflanzen verschiedener Herkunft. Dissert. Tübingen 1957
D u q u e n o i s	Vergleich der biolog. Wirksamkeit der Blätter wildwachsender Digitalis purpurea und verschiedener in Gärten kultivierter Digitalisarten. Ann. pharmac. franc. 10. 177-181 (1952)
Haack, Kaiser, Gube, Spingler	Die Chemie der "Gitalinfraktion" Arzneimittelforschung 6, 176-182 (1956)
Haack, Kaiser, Gube, Spingler	Über die Mono- und Bisdigitoxoside des Digitoxigenins, Gitoxigenins und Gitaloxigenins. Liebigs Ann. 603, 75-88 (1957)
H a n d b u c h	der biologischen Arbeitsmethoden Abt. XI, Teil 2
H a n d b u c h	der Pflanzenphysiologie Band IV, Seite 881 Der Gefäßversuch mit höheren Pflanzen.
H i m m e l b a u e r - Z w i l l i n g e r	Biologisch-chemische Formenkreise in der Gattung Digitalis. Biologia generalis III, 595 (1927)
H o f m a n n	Experimentelle Untersuchungen über die Stoffproduktion von Atropa Belladonna und Digitalis purpurea. Dissert. Köln 1953
K a i s e r	Die papierchromatographische Trennung von Herzglykosiden. Chem. Ber. 88, 556-563 (1955)
M a s c r é et Lefrancois	Essais de culture de Digitalis purpurea. IV. Congrès international des plantes médicinales. Paris 1931

R o w s o n — Jnfraspecific Differentiation in Pharmacognosy by Means of Morphological and Anatomical Characters.
Planta Medica. 8.Jahrg.1960
Heft 3, 243-257

R o w s o n — Studies in the Genus Digitalis
Part IV.
Journal of Pharmacy and Pharmakology, Volume VII, 1955

Lebenslauf

Am 2. Mai 1935 wurde ich als Sohn des Verwaltungsangestellten Wilhelm Fisel und seiner Ehefrau Emmy geb. Reger in Ulm/Donau geboren.

Ich besuchte die Friedrichsau-Volksschule und von 1945 ab die Kepler-Oberschule in Ulm. Hier legte ich am 23.2.1954 das Abitur ab.

Es folgten 2 Jahre als Apothekerpraktikant in der Engel-apotheke in Ulm. Am 15.3.1956 bestand ich die pharmazeutische Vorprüfung in Stuttgart.

Vom Sommersemester 1956 bis zum Wintersemester 1958/59 studierte ich an der Universität Tübingen Pharmazie und legte hier am 29.5.1959 das pharmazeutische Staatsexamen ab. Meine akademischen Lehrer waren die Herren Professoren Dr. Hückel, Dr. E. Müller, Dr. Krüger, Dr. Bünnung, Dr. Zimmermann und Herr Dozent Dr. Dr. Hummel.

Die Kandidatenzeit von einem halben Jahr leistete ich in der Zundeltor-Apotheke und in der Kron-Apotheke in Ulm ab. Ich erhielt am 31.5.1960 die Bestallung als Apotheker.

Im Wintersemester 1959/60 begann ich die vorliegende Arbeit unter Leitung von Herrn Dozent Dr.Dr. Karl Hummel am Institut für Spezielle Botanik der Universität Tübingen. Ich führte die Arbeit fort am Fürstin Eugenie-Institut für Heilpflanzenforschung, Schloß Lindich bei Hechingen.

Fotodruck Frau Elly HUTH Tübingen